

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-246327
(43)Date of publication of application : 30.08.2002

(51)Int.Cl.

H01L 21/26
G02F 1/1368
H01L 21/20
H01L 21/265
H01L 21/28
H01L 21/322
H01L 29/786
H01L 21/336

(21)Application number : 2001-044569

(71)Applicant : SEMICONDUCTOR ENERGY LAB CO LTD

(22)Date of filing : 21.02.2001

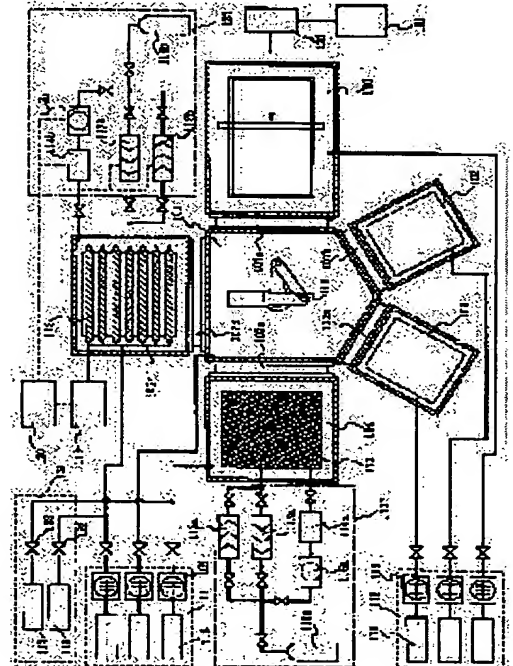
(72)Inventor : YAMAZAKI SHUNPEI

(54) HEAT TREATMENT DEVICE AND MANUFACTURING METHOD FOR SEMICONDUCTOR DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a heat treatment device, with which the operating characteristics and reliability of a semiconductor device are improved and manufacturing cost is reduced.

SOLUTION: This heat treatment device is provided with a reaction pipe, a pressurizing means for turning the inside of the reaction pipe into high pressure and a light source for heating the body to be treated installed inside the reaction pipe. In the manufacturing method of the semiconductor device using such a constitution, the inside of the reaction pipe is held at a high pressure and the body to be treated placed inside the reaction pipe is heated by light emitted from the light source provided on the outer side of the reaction pipe.



* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1]A thermal treatment equipment comprising:

A coil.

A force means which makes inside of said coil high voltage.

A light source for heating a processed object installed in said coil.

A means to make said light source turn on and switch off.

[Claim 2]A thermal treatment equipment comprising:

A coil.

A force means which makes inside of said coil high voltage.

A means to introduce a gas which heats or cools a processed object installed in said coil.

A means to make a light source for heating a processed object installed in said coil, and said light source turn on and switch off.

[Claim 3]A thermal treatment equipment having a light source on the outside of a coil, and holding inside of said coil to high voltage, and having a means to turn on said light source and to heat a processed object.

[Claim 4]A thermal treatment equipment having a light source on the outside of a coil, and holding inside of said coil to high voltage, and having with a means to supply a gas heated in said coil, to turn on said light source, and to heat a processed object.

[Claim 5]A thermal treatment equipment having a light source on the outside of a coil, and holding inside of said coil to high voltage, and having a means to supply a gas heated in said coil, and to turn on said light source, to heat a processed object, to supply a gas in said coil, and to cool said processed object.

[Claim 6]A thermal treatment equipment having that said high voltage is the range of 1.1×10^5 -

2.5x10⁵Pa in any 1 paragraph of claims 1 thru/or 5.

[Claim 7]A thermal treatment equipment characterized by said light source being one chosen from a halogen lamp, a metal halide lamp, a high-pressure mercury lamp, a high-pressure sodium lamp, and a xenon lamp in any 1 paragraph of claims 1 thru/or 5.

[Claim 8]A thermal treatment equipment characterized by said gas being one chosen from nitrogen, helium, argon, krypton, and a xenon in any 1 paragraph of claims 1 thru/or 5.

[Claim 9]A manufacturing method of a semiconductor device holding inside of a coil to high voltage, and turning on a light source with which the outside of said coil was equipped, and heating a processed object placed into said coil.

[Claim 10]A manufacturing method of a semiconductor device holding inside of a coil to high voltage, and supplying a gas heated in said coil, turning on a light source with which the outside of said coil was equipped, and heating a processed object placed into said coil.

[Claim 11]A manufacturing method of a semiconductor device holding inside of a coil to high voltage, and supplying a gas heated in said coil, turning on a light source with which the outside of said coil was equipped, heating a processed object placed into said coil, supplying a gas in the account coil of back to front, and cooling said processed object.

[Claim 12]A manufacturing method of a semiconductor device installing in a coil semiconductor membrane which had an impurity range of one conductivity type formed, holding inside of said coil to high voltage, and turning on a light source with which the outside of said coil was equipped, and heating said semiconductor membrane.

[Claim 13]A manufacturing method of a semiconductor device installing in a coil semiconductor membrane which had an impurity range of one conductivity type formed, holding inside of said coil to high voltage, and supplying a gas heated in said coil, turning on a light source with which the outside of said coil was equipped, and heating said semiconductor membrane.

[Claim 14]Install in a coil semiconductor membrane which had an impurity range of one conductivity type formed, and hold inside of said coil to high voltage, and. A manufacturing method of a semiconductor device supplying a gas heated in said coil, turning on a light source with which the outside of said coil was equipped, heating said semiconductor membrane, supplying a gas in the account coil of back to front, and cooling said processed object.

[Claim 15]A manufacturing method of a semiconductor device characterized by said high voltage being the range of 1.1x10⁵ - 2.5x10⁵Pa in any 1 paragraph of claims 9 thru/or 14.

[Claim 16]A manufacturing method of a semiconductor device characterized by said light source being one chosen from a halogen lamp, a metal halide lamp, a high-pressure mercury lamp, a high-pressure sodium lamp, and a xenon lamp in any 1 paragraph of claims 9 thru/or 14.

[Claim 17]A manufacturing method of a semiconductor device characterized by said semiconductor device being a liquid crystal display or a luminescent device in any 1 paragraph

of claims 9 thru/or 16.

[Claim 18]In any 1 paragraph of claims 9 thru/or 16, said semiconductor device, A manufacturing method of a semiconductor device being a cellular phone, a video camera, a digital camera, a projector, a goggles type display, a personal computer, a DVD player, a digital book, or a personal digital assistant.

[Translation done.]

* NOTICES *

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention]This invention relates to the manufacturing method of the semiconductor device which used the thermal treatment equipment and this thermal treatment equipment. The manufacturing method of the semiconductor device using this thermal treatment equipment is applied to the semiconductor device using the semiconductor membrane which has a crystal structure about the thermal treatment equipment in which especially this invention heats a processed material by radiation from light sources, such as a lamp. In this specification, a semiconductor device refers to the device at large which may function using a semiconductor characteristic, and it says.

[0002]

[Description of the Prior Art]In recent years, not only that by which an integrated circuit is produced using semiconductor substrates, such as a silicon wafer, but the method of using the thin film transistor (henceforth TFT) which formed on substrates, such as glass and quartz, is developed. Heat treatment represented in the manufacturing process of a semiconductor device by the thermal annealing method at a furnace annealing furnace is an indispensable process, and it is [heat treatment] indispensable after crystallization of semiconductor membrane, and doping processing in particular.

[0003]It is because the electrical property it is better to form by the semiconductor membrane (it is hereafter described as a crystalline semiconductor film) which has the crystal structure which crystallized this amorphous semiconductor film by heat treatment can be acquired rather than forming the semiconductor membrane used in order to manufacture a semiconductor device with an amorphous semiconductor film.

[0004]In doping processing, the energy of the ion driven in to semiconductor membrane is dramatically large as compared with the binding energy of the element which forms

semiconductor membrane. Therefore, the ion driven in to said semiconductor membrane flips off the element which forms said semiconductor membrane from a lattice point, and makes a crystal produce a defect. Therefore, after doping processing recovers said defect, and it heat-treats in order to activate the impurity element driven in simultaneously. It is an important process to activate an impurity element, in order to make into a low resistance area the field where the impurity element was added and to make it function as an LDD region, the source region, and a drain area.

[0005]If semiconductor membrane is crystallized using the metallic element which promotes crystallization, the crystallinity of the crystalline semiconductor film formed will become good. However, problems, such as making the characteristic of the element obtained by said metallic element remaining vary etc., are shown in the inside of the film of a crystalline semiconductor film, or a membrane surface. That is, the metallic element with the operation which promotes crystallization will once be a rather unnecessary existence, if a crystalline semiconductor film will be formed. Therefore, the art (gettering art) of removing a metallic element from a crystalline semiconductor film is developed, and it is indicating to JP,10-270363,A. With said gettering art, it heat-treats by adding the element belonging to 15 fellows selectively to a crystalline semiconductor film first. Said metallic element of the field (gettering region) where the element belonging to said 15 fellows is not added by said heat treatment is emitted from said gettering region, is diffused, and is captured to the addition field (gettering region) of the element belonging to said 15 fellows. as a result -- in said gettering region -- removal of said metallic element -- or it can decrease. Even if it introduces not only the element belonging to 15 fellows but the element belonging to 13 fellows collectively, it is checked that the gettering of the metallic element can be carried out.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]Formation of a layer with a comparatively low heat-resistant temperature -- a gate electrode metal-izes -- is increasing as highly efficient-ization of a semiconductor device progresses. Since especially heat treatment after doping processing is performed after a gate electrode or wiring formation in many cases, to process moreover for a short time is desired at low temperature, and it is thought that the method which needs most time for heating and cooling like a furnace annealing furnace is not necessarily suitable.

[0007]As already stated, in the manufacturing process of a semiconductor device, heat treatment has been an indispensable process in two or more processes. Therefore, if it can heat-treat in low temperature and a short time, it will become possible to reduce the power consumption for heating substantially. This is very important because of reduction of a manufacturing cost.

[0008]In the semiconductor device represented by the active-matrix type liquid crystal display which is the art for solving such a problem and is produced using TFT, this invention raises the

operating characteristic and reliability of this semiconductor device, and. It aims at providing the thermal treatment equipment which realizes reduction of a manufacturing cost.

[0009]

[Means for Solving the Problem]In order to solve the above-mentioned problem, this invention applies thermal annealing (below Rapid Thermal Anneal: describes it as RTA) at the moment as heat treatment art of performing rapid heating and forced cooling. RTA is the method of mainly heating a substrate quickly using an infrared lamp, and heat-treating for a short time.

[0010]And composition of a thermal treatment equipment of this invention is provided with the following.

Coil.

A force means which makes inside of a coil high voltage.

A light source for heating a processed object installed in a coil.

[0011]And other composition of a thermal treatment equipment of this invention is provided with the following.

Coil.

A force means which makes inside of a coil high voltage.

A means to introduce a gas which heats or cools a processed object installed in a coil.

A light source for heating a processed object installed in a coil.

[0012]Although a halogen lamp, a metal halide lamp, a high-pressure mercury lamp, a high-pressure sodium lamp, a xenon lamp, etc. are adopted as a light source, a thing containing a wavelength range which a processed object absorbs is used anyway as synchrotron radiation. For example, if it is a silicone film, a halogen lamp, a metal halide lamp, etc. which emit light of a 0.5-1.5-micrometer wavelength range are suitable.

[0013]It prevents a gas introduced in a coil reacting to a heated processed object using inert gas, such as nitrogen, helium, argon, krypton, and a xenon. Of course, reducing gas, such as hydrogen, oxygen, etc. can be introduced and it can also be made to react to a processed object intentionally.

[0014]A manufacturing method of a semiconductor device of this invention using such composition holds inside of a coil to high voltage, and is characterized by heating a processed object placed into said coil by light ejected from a light source with which the outside of said coil was equipped.

[0015]A method of heat treatment of a processed object is a method of irradiating a processed object with light ejected from a light source, and heating it. It is for this heat treatment heat-treating requests, such as crystallization, activation of an impurity element, and gettering.

[0016]A manufacturing method of other semiconductor devices of this invention using such

composition, Inside of a coil is held to high voltage, and a gas heated in said coil is supplied and it is characterized by heating a processed object placed into said coil by light ejected from a light source with which the outside of said coil was equipped. After ending heating, a throughput can also be raised by supplying a gas in a coil and cooling said processed object. [0017]A method of performing by spraying heated inert gas on a processed object, and a method of heat treatment of a processed object performing it, and also turning on a light source, and heating a processed object is also adopted. It is for this heat treatment heat-treating requests, such as crystallization, activation of an impurity element, and gettering. [0018]The 1st phase of spraying heated inert gas on a processed object, and a method of heat treatment of a processed object performing it, and also blinking a light source to pulse form in less than periodic 1 second, and heating a processed object, A method of performing by the 2nd phase of blinking said light source to pulse form in more than periodic 1 second, and heating a processed object is also adopted. It carries out for accumulating and this 1st phase is a thing which preheats a processed object to a predetermined temperature for the 2nd heat treatment to heat-treat requests, such as crystallization, activation of an impurity element, and gettering.

[0019]As a processed object, it is the semiconductor membrane etc. which were formed on substrates, such as glass or quartz, and an impurity range where an impurity of one conductivity type was added may be formed in semiconductor membrane. Gate dielectric film, a gate electrode, etc. may be formed.

[0020]

[Embodiment of the Invention]Hereafter, with reference to drawings, an embodiment of the invention is described in detail. Drawing 1 explains the composition of the thermal treatment equipment of this invention. The thermal treatment equipment shown in drawing 1 has composition which equipped with the load chamber 102, the unloading chamber 103, the preheating room 104, the heat treatment chamber 105, and the lasing room 106 the surroundings of the conveying room 101 provided with the transportation means 108 to which a substrate is moved. These rooms can be held to high voltage by the force means 127. It connects with the conveying room 101 via the gates 107a-107e.

[0021]The heat treatment chamber 105 is equipped with the light source 118, and the light is made to switch on with the power supply unit 119.

[0022]The gas introduced when making the inside of the coil 160 into high voltage uses inert gas, such as nitrogen, helium, argon, krypton, and neon. Anyway, it is desirable that it is a medium with an absorptivity small to the radiant heat of the light source 118. Although this gas is supplied from the cylinder 116b, before introducing into the coil 160, the gaseous heating method 112b and the cooling method 113b are established as a means to supply such a gas. It is for this carrying out heating or cooling of the processed object installed in the coil 160, and

a gas is introduced into the coil 160 by one of these courses. The gas supplied to the coil 160 is circulated by the circulator 115b, and cools a substrate. In this case, in order to maintain gaseous purity, it is desirable to form the purifier 114b on the way. The purifier 114b may use a getter material and may use the cold trap by liquid nitrogen. After using a vacuum by an exhaust means before using high voltage, it can also be made high voltage using desired gas. It has the turbo-molecular pump 109 and the dry pump 110 as the exhaust means 111. Of course, it is possible to use other vacuum pumps for an exhaust means. It has the automatic control valve 128 and the dry pump 110 as the exhaust means 131 decompressed from high voltage to atmospheric pressure. In order to adjust the flow of exhaust air, mass flow meter etc. may be used between an automatic control valve and a dry pump. Of course, the opening and closing valve of a manual type may be installed, and other exhaust air pumps may be used.

[0023]The light source 118 is turned on with the power supply unit 119. The flow of lighting of the light source 118 and putting out lights, and the gas passed to the heat treatment chamber 105 is interlocked and changed. A processed object is quickly heated by lighting of the light source 118. A warm up period is heated to preset temperature (for example, 1150 **) with the heating rate of 100-200 **/second. Preset temperature is a temperature detected by the temperature detecting means placed near the processed board. A thermo pile, a thermo couple, etc. are used as a temperature detecting means.

[0024]For example, if it heats with the heating rate of 150 **/second, it can heat in a little less than 7 seconds to 1100 **. Then, it holds to a certain fixed time preset temperature, and lighting of a light source is intercepted.

[0025]A halogen lamp, a metal halide lamp, a high-pressure mercury lamp, a high-pressure sodium lamp, a xenon lamp, etc. can be used for a light source. The light source 118 may be divided into the 1st phase of a request carrying out time point light, continuing, blinking to pulse form in less than periodic 1 second, and heating a processed object, and the 2nd phase of blinking to pulse form in more than periodic 1 second, and heating a processed object, and may be performed. The 1st phase is performed in order to carry out preheating of the processed object, and it performs heating up to about 200-400 **. The 2nd phase is heating aiming at heat treatment, lengthens the lighting times of the light source 118, and heats a substrate to a desired temperature.

[0026]Pulse form lighting of the light source 118 is performed in order to heat the predetermined field of a processed object selectively. For example, if a halogen lamp with spectrum distribution strong against an infrared region is used when there is semiconductor membrane on a glass substrate as a processed object, semiconductor membrane can be substantially heated at not less than 600 **, without changing a glass substrate.

[0027]Like the 1st phase of blinking to pulse form in less than periodic 1 second, and heating a

processed object, an example of the circuit which enables pulse form discharge with a short cycle is shown in drawing 6. The circuit of drawing 6 (A) is a pulse forming network (Pulse Forming Network) circuit, and the pulse shape is made into the square wave by adding the damped oscillation of one 3 times the cycle by L2, C2, and R of this to the critical damping discharge by L1, C1, and R. With the pulse width of 10 nanoseconds - 100 milliseconds, the output of about 10 MA is attained by such a discharge circuit. Variable is possible for the temporal duration of discharge by the value and connection number of stages of L and C. The output is supplied to the light sources H1-Hn, as shown in drawing 6 (B). The 2nd phase of blinking to pulse form in more than periodic 1 second, and on the other hand heating a processed object performs a battery with business, a flywheel generator, etc.

[0028]Heat treatment installs a processed object in the heat treatment chamber 105 held under atmospheric pressure, introduces the gas heated by the force means 127 and the heating method 112b as the 1st phase, and maintains it at 1.1×10^5 - 2.5×10^5 Pa. Simultaneously, a processed object is heated to 200 to about 400 with the introduced gas. This gas may be circulated according to the course of the purifier 114b, the circulatory organ 115b, and the heating method 112b. Heating which blinks the light source 118 the short interval not more than periodic 1 second as this 1st phase may be added. Then, heat treatment which carries out the multiple-times exposure of the pulsed light of the lighting times for 1 to 60 seconds from the light source 118 as the 2nd phase is performed. After predetermined heat treatment finishes, a gaseous inflow path is changed and it introduces via the cooling method 113b.

Temperature of the gas which carries out for accumulating and is cooled to which this cools a processed object is carried out to to a room temperature - a liquid-nitrogen-temperature grade. [0029]Thus, the thermal treatment equipment of this invention is characterized by using for the temperature beyond a room temperature heating or the gas cooled from the room temperature to the temperature not more than it, in order to shorten the time concerning heating and cooling of a processed object. It is characterized by making the inside of a coil into high voltage using the gas to introduce. Since the melting point of a processed object or a gas falls rather than processing with atmospheric pressure by carrying out under high voltage, a temperature suitable for heat-treating on said processed object falls, and the heating up time to said temperature for which it was suitable can be shortened. Since the gas which is low temperature and is further introduced rather than a temperature suitable for heat-treating on a processed object under atmospheric pressure turns into a medium and tells heat, in the atmosphere and the processed object in a coil, improvement in uniformity of heating of said temperature for which it was suitable is attained. Since the impurity element which exists the inside of the atmosphere and in CR will be remarkably reduced in said coil if a gas is introduced and the inside of said coil is pressurized after exhausting the inside of a coil (a vacua is used preferably.), it can heat-treat suitably. Since the oxygen density in said coil can

be fallen especially remarkably, oxidation of a processed object can be controlled, activation of an impurity can be promoted, and high heat treatment of reproducibility can be performed. Thus, it becomes possible to heat only semiconductor membrane selectively, without heating the substrate itself so much by shortening cooking time by making actual cooking temperature low, and irradiating with the light selectively absorbed by semiconductor membrane from a light source.

[0030]The preheating room 104 performs heating and cooling of a processed object more positively, heats or cools the inert gas supplied from the cylinder 116a by the heating method 112a or the cooling method 113a, and has composition sprayed on a processed object. The preheating room 104 is similarly held by the exhaust means 111 at high voltage, and, as for the introduced gas, it is possible to also make it circulate by the purifier 114a and the circulatory organ 115a.

[0031]The attached lasing room 106 is a processing chamber which heat-treats a processed object by a laser beam, and it has the optical system 122 for irradiating a processed object with the laser oscillator 121 and a laser beam with a predetermined energy density, etc.

[0032]Drawing 2 is a figure explaining the details of the heat treatment chamber 105. There is the coil 160 formed with quartz in the heat treatment chamber 105, and the light source 118 is formed in the outside. Although a processed object is installed in the coil 160, in order to make temperature distribution uniform, a processed board is put on a pin. The force means 127 is used in order to supply the gas in a coil and to hold to high voltage. The exhaust means 111 consists of the turbo-molecular pump 109 and the dry pump 111 preferably, and it is used in order to exhaust the gas in a coil. It uses in order to decompress the exhaust means 131 from high voltage to atmospheric pressure, and the exhaust means 111 is used in order to decompress from atmospheric pressure. The temperature detecting means 124 which used the thermo couple performs measurement of the temperature heated with the light source 118. The sensors 125, such as a thermo pile, are formed in the coil 160, and the cooking temperature of a processed object is monitored indirectly.

[0033]Also in heat treatment under high voltage, heating efficiently is possible by using the wavelength range with which the radiation from a light source is absorbed by the processed object.

[0034]The light source 118 carries out operation of lighting and putting out lights with the power supply unit 119. The computer 120 is concentrating and controlling operation of this power supply unit 119, the gaseous heating method 112b and the cooling method 113b, the purifier 114b, and the circulatory organ 115b.

[0035]The coil 160 has dual structure and the processed object is installed inside the inner tube 161. The inert gas supplied via the heating method 112b or the cooling method 113b is supplied between the coil (outer tube) 160 and the inner tube 161, and is supplied inside the

inner tube 161 from the fine pores provided in the inner tube 161.

[0036]In order to make the inside of the coil 160 into high voltage, it is necessary to make this coil 160 into the construction material and thickness which can bear high voltage. The coil 160 may be sealed with the high pressure vessel which consists of 129 and 130 if needed. Since the application of pressure to a substantial coil will become small if it is higher than atmospheric pressure and the inside of this high pressure vessel is made into high voltage or low pressure using said high pressure vessel for a while than a coil, the construction material of said coil and restrictions of thickness decrease. Since a processed object is irradiated with the light from the light source 118, the high pressure vessel portion corresponding to the field to a processed object with which it irradiates at least presupposes that they are the transmission materials to said light. For example, if said light is visible light, 129 will be formed with synthetic quartz and 130 will be formed by stainless steel, a processed object can be irradiated, without interrupting the light from a light source. A force means and the heating method 127, and the exhaust means 111 and 131 are installed in a high pressure vessel as well as a coil. The same thing of the gas introduced into a high pressure vessel and a coil is desirable.

[0037]Drawing 3 is other examples of composition in the heat treatment chamber 105, and shows the composition which was made into a means to heat and cool the inert gas supplied in the coil 160, and was directly linked with the coil 160 using the radiator 162. It connects with the heat exchanger 126 and the radiator 162 performs heating or cooling. Let other composition be the same things as drawing 2.

[0038]Drawing 4 shows the composition of the preheating room 104, and the inert gas supplied via the heating method 112a or the cooling method 113a from the cylinder 116a is supplied in the preheating room 104 through the porous material 107. Although the shower board etc. which provided much fine pores may be used, it is desirable to carry out using the porous material formed with ceramics etc. for spraying inert gas uniformly with the substrate 100. In addition, the composition of the exhaust means 111 etc. shall follow explanation of drawing 1.

[0039]An example of the composition of the heating method of inert gas and a cooling method suitable for the thermal treatment equipment of this invention is shown in drawing 5. Drawing 5 (A) shows an example of a heating method, and the fin 152 formed with titanium and tungsten of the high grade inside [which passes a gas] the cylinder 150 is formed. The cylinder 150 is formed with quartz of translucency, etc. and heats the fin 152 by radiation of the light source 150 provided in the outside. Although a gas contacts the fin 152 and is heated, by providing a heat source in the exterior of the cylinder 150, contamination is prevented and the purity of the gas to pass can be maintained.

[0040]An example of the cooling method was shown, the fin 154 formed with titanium and tungsten of the high grade in the cylinder 153 which passes a gas was formed, and drawing 5

(B) has connected with the heat exchanger 155 with the heat pipe. A gas contacts the fin 154 and is heated.

[0041]As mentioned above, when the heat-resistant low substrate of glass etc. is used by using this invention, the method and such heat treatment which carry out activation of the impurity element added to semiconductor membrane by short-time heat treatment and gettering processing of semiconductor membrane can be enabled. And such heat treatment is incorporable into the manufacturing process of a semiconductor device. The composition of the thermal treatment equipment shown in this example is an example, and is not limited to the composition shown here. The thermal treatment equipment of this invention has the feature in a means to cool a processed board, and the composition which irradiates pulse form with the light from a light source under high voltage, and makes semiconductor membrane heat, and if such composition is satisfied, other composition in particular will not be limited.

[0042]Of course, the **** device of this invention can be used for the heat treatment process of the integrated circuit which used not only TFT but the semiconductor substrate.

[0043]

[Example][Example 1] Drawing 7 explains the example which crystallizes an amorphous semiconductor film using the thermal treatment equipment of this invention.

[0044]In drawing 7, the substrate 201 is a substrate of the translucency by alumino borosilicate glass or barium borosilicate glass. Thickness uses a 0.3-1.1-mm thing. The amorphous silicon film 203 is formed with plasma CVD method on this substrate 201. The blocking layer 201 is formed so that an impurity element may not mix in an amorphous silicon film by heat treatment etc. from the substrate 201. Usually, although silicon is formed using the insulator layer used as an ingredient, In this example, the 1st oxidation silicon nitride film produced with plasma CVD method from SiH_4 , N_2O , and NH_3 50 nm, Form in a thickness of 100 nm SiH_4 and the 2nd oxidation silicon nitride film produced with plasma CVD method from N_2O , these are made to laminate, and it is considered as the blocking layer 202.

[0045]On the amorphous silicon film 203, the metallic element which can low-temperature-ize cooking temperature required for crystallization of silicon is added. As a metallic element with such a catalysis, iron (Fe), nickel (nickel), It is cobalt (Co), a ruthenium (Ru), rhodium (Rh), palladium (Pd), osmium (Os), iridium (Ir), platinum (Pt), copper (Cu), gold (Au), etc., and a kind chosen from these or two or more sorts can be used.

[0046]By weight conversion, 0.1-100 ppm of nickel acetate salting in liquid which contains 1-5 ppm nickel preferably is applied by a spinner, and the nickel contained layer 204 is formed. In this case, in order to improve familiarity in the solution concerned, as a surface treatment of the amorphous silicon film 204, After forming a very thin oxide film with an ozone-containing-water solution, etching the oxide film with the mixed liquor of fluoric acid and hydrogen peroxide solution and forming the clean surface, it is good to process with an ozone-

containing-water solution again, and to form a very thin oxide film. Since the surface of silicon is originally hydrophobicity, nickel acetate salting in liquid can be uniformly applied by forming the oxide film in this way.

[0047]Such a processed object of a gestalt is installed in the heat treatment chamber 105 held under atmospheric pressure. The inert gas heated by 250 ** by the force means 127 and the heating method 112b as the 1st phase is introduced, and it maintains at 1.1×10^5 - 2.5×10^5 Pa. Simultaneously, preheating is carried out to a processed object by the introduced inert gas. Although time of preheating is made into arbitrary things, it holds in the state for 5 minutes as an example. Or when heated beforehand at the preheating room established in others, it can also be considered as the preheating for 1 minute.

[0048]Heating which makes the light source 118 turn on as this 1st phase may be added. Then, desired heat treatment which carries out a lighting-times exposure is performed from the light source 118 as the 2nd phase. After predetermined heat treatment finishes, a gaseous inflow path is changed and it introduces via the cooling method 113b. This is a thing which cools a processed object and to perform for accumulating.

Temperature of the gas cooled is carried out to a room temperature - a liquid-nitrogen-temperature grade.

[0049]Although the temperature of the semiconductor membrane heated by the light ejected from the light source is not measured directly, radiation intensity is adjusted so that it may become 1250 ** as measured value of the thermo sensor using a thermo couple. An amorphous silicon film can be crystallized by this heat treatment. Then, the introductory route of inert gas is switched and it cools by the inert gas cooled to a room temperature or the temperature not more than it by the cooling method.

[0050]Crystallizing, since hydrogen is carrying out the 10-30 atom % grade remains of the amorphous silicon film produced with plasma CVD method into the film and this hydrogen is desorbed with heating is usually performed. As heat treatment for that, the multiple-times exposure of the about [lighting-times 0.1 second] pulsed light may be carried out, semiconductor membrane may be heated to about 500 **, and dehydrogenation treatment may be performed. By carrying out under high voltage, this dehydrogenation treatment can be promoted more.

[0051]In this way, even if an amorphous silicon film can be substantially crystallized in the cooking time for 10 seconds - several minutes several seconds and a point [distortion] uses the glass substrate which is 660 **, it can crystallize, without making a substrate distorted.

[0052][Example 2] How to produce TFT using the crystalline semiconductor film produced by doing in this way is explained using drawing 8.

[0053]First, in drawing 8 (A), the crystalline semiconductor films 303 and 304 divided into

island shape are formed on the substrate 301 of the translucency by alumino borosilicate glass or barium borosilicate glass. Between the substrate 301 and semiconductor membrane, the 1st insulator layer 302 that was chosen from silicon nitride, silicon oxide, and nitriding silicon oxide and that combined one or more kinds is formed by a thickness of 50-200 nm.

[0054]An oxidation silicon nitride film is formed in a thickness of 50-200 nm with plasma CVD method, using SiH_4 and N_2O as an example of the 1st insulator layer 302. As other gestalten, the oxidation silicon nitride film produced from SiH_4 , NH_3 , and N_2O with plasma CVD method 50 nm, the two-layer structure where 100 nm of oxidation silicon nitride films produced from SiH_4 and N_2O were made to laminate -- or, It is good also as a two-layer structure where the silicon nitride film and the silicon oxide film produced using TEOS (Tetraethyl Ortho Silicate) were made to laminate.

[0055]And the 2nd insulator layer 305 is formed by a thickness of 80 nm. The 2nd insulator layer 305 is used as gate dielectric film, and is formed using plasma CVD method or a sputtering technique. It becomes possible to reduce the fixed charge density in a film of the oxidation silicon nitride film which makes SiH_4 and N_2O add O_2 and is produced as the 2nd insulator layer 305, and it is a material desirable as gate dielectric film. Of course, gate dielectric film is not limited to such an oxidation silicon nitride film, and may use insulator layers, such as a silicon oxide film and a tantalum oxide film, as a monolayer or a laminated structure.

[0056]Then, as shown in drawing 8 (B), the 1st conducting film and the 2nd conducting film for forming a gate electrode on the 2nd insulator layer 305 are formed. The 1st conducting film is tantalum nitride and the 2nd conducting film is formed using tungsten. This conducting film shall be a thing for forming a gate electrode, and each thickness shall be 30 nm and 300 nm.

[0057]Then, the resist pattern 308 for forming a gate electrode is formed by a light-beam-exposure process. The 1st etching process is performed using this resist pattern. Although there is no limitation in an etching method, an ICP (Inductively Coupled Plasma: inductive-coupling type plasma) etching method is used suitably. It carries out by supplying RF (13.56 MHz) electric power of 500W to 0.5-2 Pa and the desirable electrode of the coil type in the pressure of 1 Pa, and generating plasma, using CF_4 and Cl_2 as tungsten and gas for etching of tantalum nitride. At this time, RF (13.56 MHz) electric power of 100W is supplied also to the substrate side (sample stage), and negative auto-bias voltage is impressed substantially. When CF_4 and Cl_2 are mixed, tungsten and tantalum nitride can be etched at a respectively comparable speed.

[0058]In the above-mentioned etching condition, an end can be made into taper shape by the shape of the mask by resist, and the effect of the bias voltage impressed to the substrate side.

It is made for the angle of a taper part to turn into 15 to 45 degrees. In order to etch without leaving residue on gate dielectric film, it is good to make etching time increase at a rate of about 10 to 20%. Since the selection ratios of an oxidation silicon nitride film to W film are 2-4 (typically 3), about 20-40 nm of fields which the 2nd insulating layer exposed by over etching processing are etched. In this way, the 1st shape electrodes 306 and 307 which comprise tantalum nitride and tungsten by the 1st etching process can be formed.

[0059]And 1st doping processing is performed and a n type impurity (donor) is doped to semiconductor membrane. Although there is no limitation in the method, it carries out with the ion doping method or ion implantation preferably. The conditions of the ion doping method perform a dose as $1 \times 10^{13} - 5 \times 10^{14} / \text{cm}^2$. Lynn (P) or arsenic (As) is used for the element and type target belonging to 15 fellows as an impurity element which gives a n type. In this case, the 1st shape electrodes 306 and 307 serve as a mask to the element to dope, carry out **** regulation (for example, 20 - 60keV) of the accelerating voltage, and form the 1st impurity range 309 and 310 with the impurity element which passed the 2nd insulator layer. It is made for the 1st impurity range 309 and the Lynn (P) concentration which can be set 310 to serve as the range of $1 \times 10^{20} - 1 \times 10^{21} / \text{cm}^3$.

[0060]Then, as shown in drawing 8 (C), the 2nd etching process is performed. Using an ICP etching method, etching mixes CF_4 , Cl_2 , and O_2 to etching gas, supplies the RF power (13.56 MHz) of 500W to a coil type electrode by the pressure of 1 Pa, and generates plasma. RF (13.56 MHz) electric power of 50W is supplied to the substrate side (sample stage), and low auto-bias voltage is impressed compared with the 1st etching process. Anisotropic etching of the tungsten film is carried out by such conditions, and it is made to make the tantalum nitride film which is the 1st conductive layer remain. In this way, the 2nd shape electrodes 311 and 312 which comprise tantalum nitride and tungsten by the 1st etching process are formed. About 10-30 nm of portions which are not covered with this etching process by tantalum nitride are etched, and the 2nd insulator layer becomes thin.

[0061]The dose in the 2nd doping processing is made less than the 1st doping processing, and dopes a n type impurity (donor) on condition of high acceleration voltage. For example, accelerating voltage is set to 70 - 120keV, it carries out with the dose of $1 \times 10^{13} / \text{cm}^2$, and the 2nd impurity range is formed inside the 1st impurity range. Doping passes the exposed tantalum nitride and adds an impurity element to the semiconductor membrane of the bottom. In this way, the 2nd impurity range 313 and 314 that laps with tantalum nitride is formed. Although this impurity range changes with the thickness of tantalum nitride, that peak concentration changes in the range of $1 \times 10^{17} - 1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$. Depth distribution of the n type impurity of this field is formed with a certain distribution rather than is uniform.

[0062]And as shown in drawing 8 (D), the mask 315 by resist is formed, and a p type impurity

(acceptor) is doped to the semiconductor membrane 303 and 304. Typically, boron (B) is used. It is made for the impurity concentration of the 1st p type impurity addition field 316 and 317 to serve as $2 \times 10^{20} - 2 \times 10^{21} / \text{cm}^3$, it adds 1.5 to 3 times as much boron as the phosphorus concentration to contain, and has become a p type about the conductivity type.

[0063]Then, as shown in drawing 9, heat treatment which activates the impurity of the crystallinity of semiconductor membrane recovered and added is performed. A processed object is introduced in the coil held at the high pressure state using the thermal treatment equipment explained in an embodiment, and the exposure of the light ejected from the light source performs this heat treatment. It irradiates with said light from one side or both sides of a substrate by using the tungsten halogen lamp 319 as a light source. Heat treatment performed where it carried out the bottom of high voltage and an oxygen density is reduced to 10 ppm or less can be performed without oxidizing the surface of the gate electrode exposed in this stage.

[0064]By this heat treatment, an impurity is activated and gettering of the catalyst element used for crystallization from the field of the semiconductor membrane which laps with the electrode of the 2nd shape, i.e., a channel forming region, can be carried out to the impurity range where phosphorus and boron were added. Here, hydrogen is simultaneously incorporated into the field to which boron was added at the time of ion doping, when that hydrogen re-emits by this heat treatment, a dangling bond is generated so much temporarily, and it is thought that it acts as a gettering site.

[0065]Then, the supplementary insulation film 318 which comprises an oxidation silicon nitride film or a silicon nitride film as shown in drawing 10 is formed in a thickness of 50 nm with plasma CVD method. The 410 ** heat treatment using clean oven can bring about the hydrogen desorption from this supplementary insulation film 318, can hydrogenate semiconductor membrane, and can compensate a defect.

[0066]The interlayer insulation film 321 is formed with organic insulating material materials, such as polyimide or an acrylic, and carries out flattening of the surface. Of course, the silicon oxide formed using TEOS with plasma CVD method may be applied.

[0067]Subsequently, the contact hole which arrives at the impurity range of each semiconductor membrane from the surface of the interlayer insulation film 321 is formed, and wiring is formed using aluminum, Ti, Ta, etc. In drawing 8 (D), 322-323 become a source line or a drain electrode. In this way, it is ***** to form n channel type TFT and p channel type TFT. Although each TFT is shown as a simple substance here, a CMOS circuit, an NMOS circuit, and a PMOS circuit can be formed using these TFT(s).

[0068][Example 3] Drawing 11 (A) shows the composition in which the picture element part 402 which comprises the drive circuit 401 which comprises p channel type TFT403 and n channel type TFT404 on the same substrate, and n channel type TFT405 by the process of

Example 2 was formed. Although n channel type TFT405 has multi-gate structure, a making process is performed similarly. The retention volume which becomes the picture element part 402 from the capacity electrode 409 made from the same process as the semiconductor membrane 414, the 2nd insulator layer, and a gate electrode is formed. 412 is a picture element electrode and 410 is a bonding electrode which connects the data line 408 and the impurity range of the semiconductor membrane 413. Although 411 is a gate line and it is not shown in the figure, it has connected with the 3rd shape electrode 407 which functions as a gate electrode. This 3rd shape electrode 407 is formed by etching the tantalum nitride of the 2nd shape electrode.

[0069]Various functional circuits, such as a shift register, a level shifter, a latch, and a buffer circuit, can be formed using p channel type TFT403 of the drive circuit 401, and n channel type TFT404. The A-A'A-A shown in plan of pixel showing section structure of between by drawing 12' line shown by drawing 11 (A) is supported. The B-B'B-B shown in plan of pixel showing section structure of between by drawing 12' line shown by drawing 11 (B) is supported.

[0070]A liquid crystal display and the luminescent device which forms a picture element part by a light emitting device can be formed from such a substrate. Drawing 13 is an outline view of a substrate in which the drive circuit and the picture element part are formed of TFT. On the substrate 501, the picture element part 506 and the drive circuits 504 and 505 are formed. The input terminal 502 is formed in one end of a substrate, and the wiring 503 linked to each drive circuit is taken about.

[0071]For producing a liquid crystal display, a counter substrate is pasted together with a gap using a sealant, and a liquid crystal is poured into the gap. A luminescent device forms an organic light emitting element in a picture element part. Thus, according to this example, various kinds of semiconductor devices are producible.

[0072][Example 4] As Example 1 is shown, the method of adding the metallic element which has a catalysis all over an amorphous semiconductor film on the whole surface, and crystallizing can be carried out using the thermal treatment equipment of this invention, but it is desirable to carry out gettering of the metallic element and to remove it after that, more preferably.

[0073]Drawing 14 is a figure explaining the one example, and after it adds the metallic element which has a catalysis all over an amorphous semiconductor film on the whole surface and crystallizes, it is the method of performing gettering. In drawing 14 (A), the substrate 601 can use barium borosilicate glass, alumino borosilicate glass, or quartz. An inorganic insulating film is formed in the surface of the substrate 601 by a thickness of 10-200 nm as the blocking layer 602. Omitting is also possible when providing since the alkaline metal contained in a glass substrate does not diffuse the blocking layer 602 in the semiconductor membrane formed in this upper layer, and using quartz as a substrate.

[0074]The semiconductor material which uses silicon as the main ingredients is used for the semiconductor membrane 603 which has the amorphous structure formed on the blocking layer 602. Typically, an amorphous silicon film or an amorphous silicon germanium film is applied, and it forms in a thickness of 10-100 nm by plasma CVD method, a vacuum CVD method, or a sputtering technique. In order to obtain a good crystal, it is desirable to use not only the thing for which it is necessary to reduce the impurity concentration of the oxygen contained in the semiconductor membrane 603 which has amorphous structure, nitrogen, carbon, etc. as much as possible, and the material gas of a high grade is used but also the CVD system corresponding to an ultrahigh vacuum.

[0075]Then, the metallic element which has a catalysis which promotes crystallization in the surface of the semiconductor membrane 603 which has amorphous structure is added. The nickel acetate salting in liquid which contains 1-10 ppm nickel by weight conversion is applied by a spinner, and the catalyst contained layer 604 is formed. In this case, in order to improve familiarity in the solution concerned, as a surface treatment of the semiconductor membrane 603 which has amorphous structure, After forming a very thin oxide film with an ozone-containing-water solution, etching the oxide film with the mixed liquor of fluoric acid and hydrogen peroxide solution and forming the clean surface, it processes with an ozone-containing-water solution again, and the very thin oxide film is formed. Since the surface of semiconductor membrane, such as silicon, is originally hydrophobicity, nickel acetate salting in liquid can be uniformly applied by forming the oxide film in this way.

[0076]Of course, the catalyst contained layer 604 is not limited to such a method, but may be formed by a sputtering technique, vacuum deposition, plasma treatment, etc.

[0077]Then, the crystalline semiconductor film 605 shown in drawing 14 (B) by the exposure of pulsed light under the high voltage of 1.1×10^5 - 2.5×10^5 Pa can be formed using the thermal treatment equipment of this invention like Example 1.

[0078]In order to repair the defect which furthermore raises a crystallization rate (the crystal component in the whole film product comparatively), and is left behind in a crystal grain, it is also effective to irradiate with a laser beam to the crystalline semiconductor film 605. An excimer laser beam with a wavelength of 400 nm or less, the 2nd harmonics of an YAG laser, and the 3rd harmonics are used for laser. Anyway, the laser beam concerned is condensed to $100 - 800 \text{ mJ/cm}^2$ in an optical system using a pulse laser beam with a repeat frequency of about 10-1000 Hz, and the lasing to the crystalline semiconductor film 605 may be performed with the overlapping rate of 50 to 98%.

[0079]In this way, the metallic element (here nickel) remains in the crystalline semiconductor film 605 obtained. in a film, it is distributed uniformly -- **** -- carry out -- if it is considered as average concentration, it remains by the concentration exceeding $1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$. Of course,

although it is possible to begin TFT and to form various semiconductor devices also in such the state, it is desirable to remove the element concerned by gettering more preferably.

[0080]Drawing 14 (B) shows the process of adding a rare gas element or a rare gas element, and the impurity element of one conductivity type to the crystalline semiconductor film 605 by the ion doping method, in order to form the gettering site 608. A rare gas element or a rare gas element, and the impurity element of one conductivity type are added to the field which the silicon oxide film 606 for masks was formed in the thickness which is 100-200 nm, the aperture 607 was formed in the surface of the crystalline semiconductor film 605, and the crystalline semiconductor film exposed. Concentration in the crystalline semiconductor film of a rare gas element is made into 1×10^{19} - $1 \times 10^{21}/\text{cm}^3$.

[0081]This doping adds a rare gas element, after adding preferably the phosphoretted hydrogen (PH_3) or diborane (B_2H_6) diluted to 3 to 5% 1 to 10% from hydrogen. Or PH_3 or B_2H_6 preferably diluted to 3 to 5% is added 1 to 10% with rare gas. However, more preferably, only a rare gas element is added by the ion doping method, and a gettering site is formed.

[0082]As a rare gas element, a kind chosen from helium (helium), neon (Ne), argon (Ar), krypton (Kr), and a xenon (Xe) or two or more sorts are used. Typically, argon is used. It has the feature to inject [this invention uses these inert gas as ion sources, in order to form a gettering site, and] it into semiconductor membrane with the ion doping method or ion implantation. There are two meanings which pour in the ion of these inert gas. One is forming a dangling bond by pouring and giving distortion to semiconductor membrane, and other one is giving distortion by pouring in the ion concerned between the lattices of semiconductor membrane. Although the pouring can fill the ion of inert gas for these both simultaneously, especially the latter is notably obtained, when an element with a bigger atomic radius than silicon, such as argon (Ar), krypton (Kr), and a xenon (Xe), is used.

[0083]The gettering can make the gettering site 608 carry out the segregation of the metallic element, if heat treatment of 14 hours is performed in a nitrogen atmosphere in 450-800 ** and 1 to 24 hours, for example, 550 **. Or the exposure of the light ejected from the light source under the high voltage of 1.1×10^5 - 2.5×10^5 Pa can also perform using the thermal treatment equipment of this invention like Example 1. In that case, in order to finish gettering effectively, temperature of the semiconductor membrane heated by said light is made into the temperature of the grade which eases a lattice and does not remove distortion.

[0084]Then, if etching removes a gettering site, the crystalline semiconductor film 609 in which the concentration of the metallic element was reduced as shown in drawing 14 (C) will be obtained. In this way, if crystals cylindrical [the formed crystalline silicon film 608] or needlelike gather and the crystal is macroscopically seen in each, it will grow up with a certain specific directivity. When a gettering site is especially formed only using a rare gas element,

TFT shown in Example 2 or 3 using this crystalline semiconductor film 609 as it is can be formed.

[0085][Example 5] Drawing 15 explains how to introduce selectively the element which promotes crystallization of semiconductor membrane. In drawing 15 (A), in using a glass substrate as the substrate 601, it forms the blocking layer 602. The semiconductor membrane 603 which has amorphous structure as well as Example 1 is formed.

[0086]And the 100-200-nm-thick silicon oxide film 610 is formed upwards on the semiconductor membrane 603 which has amorphous structure. Although the manufacturing method of a silicon oxide film is not limited, orthosilicic acid tetraethyl (Tetraethyl Ortho Silicate:TEOS) and O_2 are mixed, for example, Consider it as the reaction pressure of 40 Pa, and the substrate temperature of 300-400 **, and it is made to discharge by 0.5-0.8W/cm of high frequency (13.56 MHz) power-flux-density ², and forms.

[0087]Next, the opening 611 is formed in the silicon oxide film 610, and the nickel acetate salting in liquid which contains 1-10 ppm nickel by weight conversion is applied. Thereby, the catalyst metal containing layer 612 is formed and it contacts the semiconductor membrane 603 only at the pars basilaris ossis occipitalis of the opening 611.

[0088]The crystalline semiconductor film 605 shown in drawing 15 (B) by the exposure of the light ejected from the light source under the high voltage of 1.1×10^5 - 2.5×10^5 Pa can be formed using the thermal treatment equipment of this invention like Example 1. In this case, silicide is formed in the portion of the semiconductor membrane which the metallic element used as a catalyst touched, crystallization makes it a core, and crystallization advances in the direction parallel to the surface of a substrate. In this way, if crystals cylindrical [the formed crystalline silicon film 614] or needlelike gather and the crystal is macroscopically seen in each, it will grow up with a certain specific directivity.

[0089]Subsequently, using the opening 611, similarly, by the ion doping method, only a rare gas element adds a rare gas element and the impurity element of one conductivity type, and forms the gettering site 615. The gettering can make the gettering site 615 carry out the segregation of the metallic element, if heat treatment of 14 hours is performed in a nitrogen atmosphere in 450-800 ** and 1 to 24 hours, for example, 550 **. Or the exposure of the light ejected from the light source under the high voltage of 1.1×10^5 - 2.5×10^5 Pa can perform using the thermal treatment equipment of this invention like Example 1. Also in such a case, in order to finish gettering effectively, temperature of the semiconductor membrane heated by said light is made into the temperature of the grade which eases a lattice and does not remove distortion.

[0090]Then, if etching removes a gettering site, the crystalline semiconductor film 616 in which the concentration of the metallic element was reduced as shown in drawing 15 (D) will be

obtained. TFT shown in Example 2 or 3 using this crystalline semiconductor film 609 as it is can be formed.

[0091][Example 6] In the manufacturing process of TFT shown in Example 2, the gettering using a rare gas element as shown in Example 4 or Example 5 can acquire the same effect by adding a rare gas element to the impurity range for forming the source region and a drain area. That is, the concentration of the metallic element which remains in a channel forming region can be reduced by performing heat treatment for the activation which lowers the resistivity of the impurity range concerned and which is performed for accumulating.

[0092][Example 7] Various semiconductor devices can be manufactured by using this invention. As such a semiconductor device, a video camera, a digital camera, a goggle type display (head mount display), The picture reproducer provided with a navigation system, sound systems (a car audio, an audio component stereo, etc.), a note type personal computer, a game machine machine, Personal Digital Assistants (a mobile computer, a cellular phone, a handheld game machine, or a digital book), and a recording medium etc. are mentioned. The example of these semiconductor devices is shown in drawing 16 and drawing 17.

[0093]Drawing 16 (A) is the monitor of a disk top type personal computer etc., and comprises the case 3301, the buck 3302, the indicator 3303, etc. The indicator 3303 and other integrated circuits can be manufactured by using this invention.

[0094]Drawing 16 (B) is a video camera and contains the main part 3311, the indicator 3312, the voice input part 3313, the operation switch 3314, the battery 3315, and television part 3316 grade. The indicator 3312 and other integrated circuits can be manufactured by using this invention.

[0095]Drawing 16 (C) is some head mount EL displays (right piece side), and contains the main part 3321, the signal cable 3322, the head fixing band 3323, the projection part 3324, the optical system 3325, and indicator 3326 grade. The indicator 3326 and other integrated circuits can be manufactured by using this invention.

[0096]drawing 16 -- (-- D --) -- a recording medium -- having had -- picture reproducer (specifically DVD reproducer) -- it is -- a main part -- 3331 -- recording media (DVD etc.) -- 3332 -- an operation switch -- 3333 -- an indicator -- (-- a --) -- 3334 -- an indicator -- (-- b --) -- 3335 -- etc. -- from -- changing -- **** . an indicator -- (-- a --) -- 3334 -- mainly -- picture information -- displaying -- an indicator -- (-- b --) -- 3335 -- mainly -- text -- displaying -- although -- this invention -- using -- things -- an indicator -- (-- a --) -- 3334 -- an indicator -- (-- b --) -- 3335 -- in addition to this, an integrated circuit can be manufactured. A home video game machine machine etc. are contained in the picture reproducer provided with the recording medium.

[0097]Drawing 16 (E) is a goggle type display (head mount display), and contains the main part 3341, the indicator 3342, and the arm part 3343. The indicator 3342 and other integrated

circuits can be manufactured by using this invention.

[0098]Drawing 16 (F) is a note type personal computer, and contains the main part 3351, the case 3352, the indicator 3353, and keyboard 3354 grade. The indicator 3353 and other integrated circuits can be manufactured by using this invention.

[0099]Drawing 17 (A) is a cellular phone and contains the main part 3401, the voice output part 3402, the voice input part 3403, the indicator 3404, the operation switch 3405, and the antenna 3406. The indicator 3404 and other integrated circuits can be manufactured by using this invention.

[0100]Drawing 17 (B) is a car audio and contains the main part 3411, the indicator 3412, and the operation switches 3413 and 3414 in a sound system and a concrete target. The luminescent device of this invention can be used by the indicator 3412. Although this example shows the audio for mount, it may use for a carried type or a sound system for home use.

[0101]drawing 17 -- (-- C --) -- a digital camera -- it is -- a main part -- 3501 -- an indicator -- (-- A --) -- 3502 -- an eye contacting part -- 3503 -- an operation switch -- 3504 -- an indicator -- (-- B --) -- 3505 -- a battery -- 3506 -- containing . By using this invention, the indicator (A) 3502 indicator (B) 3505 and other integrated circuits can be manufactured.

[0102]As mentioned above, the scope of this invention is very wide, and applying to various electronic devices is possible. Even if the electronic device of this example uses the composition which consists of combination like Example 1 - 6 throats, it is realizable.

[0103]

[Effect of the Invention]As explained above, heat treatment aiming at activation etc. of the impurity element which the amorphous semiconductor film crystallized in low temperature and a short time, or was added to semiconductor membrane can be conventionally carried out with the thermal treatment equipment of this invention.

[0104]By shortening heat treating time, even if it uses a heat-resistant low glass substrate, a heat treating effect can be heightened, and the damage of the heat-resistant low layer formed in the semiconductor substrate can be prevented.

[0105]By performing the above-mentioned heat treatment under high voltage, the melting point of a processed object and a gas falls, and it can carry out at low temperature rather than the processing under atmospheric pressure. Therefore, the heating up time to a temperature suitable for heat treatment can be shortened. Since the gas to introduce turns into a medium and tells heat, improvement in uniformity of heating is attained in the atmosphere and the processed object in a coil. Since the impurity element which exists the inside of the atmosphere and in CR will be remarkably reduced in said coil if a high pressure state is used after exhausting the inside of a coil, it can heat-treat suitably. In particular, the oxygen density in said coil is reduced, oxidation of the surface of semiconductor membrane can be controlled, activation of an impurity can be promoted, and high heat treatment of reproducibility can be

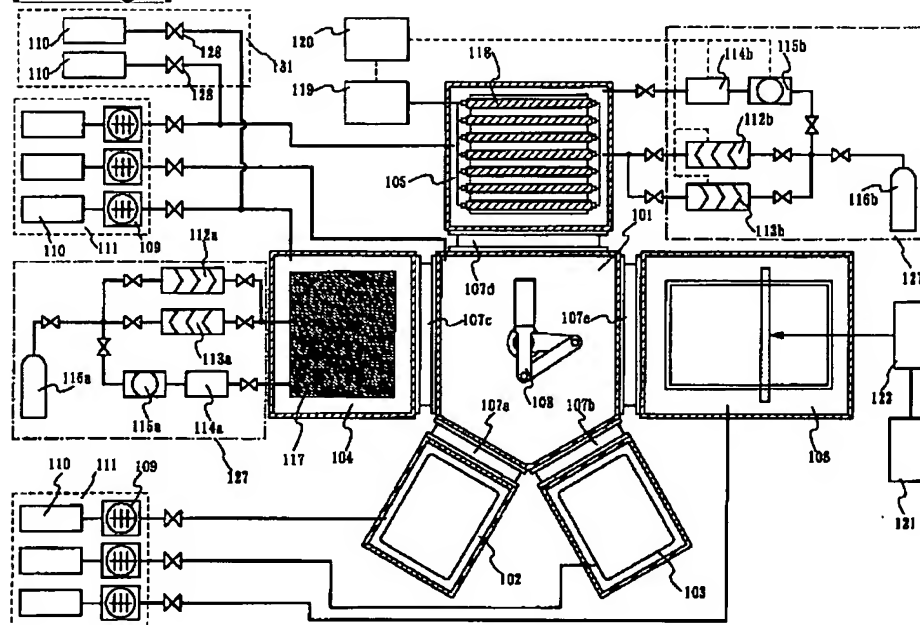
performed.

[Translation done.]

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

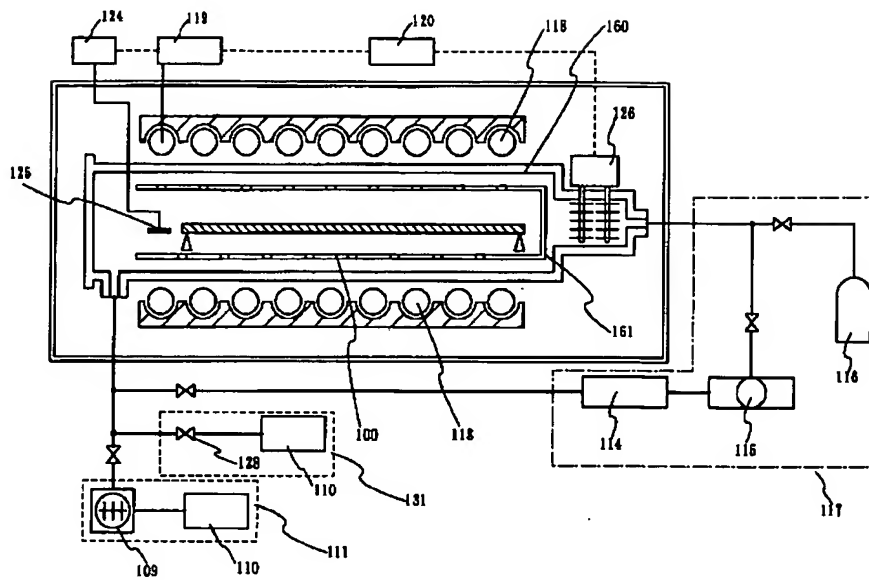
- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

[Drawing 1]

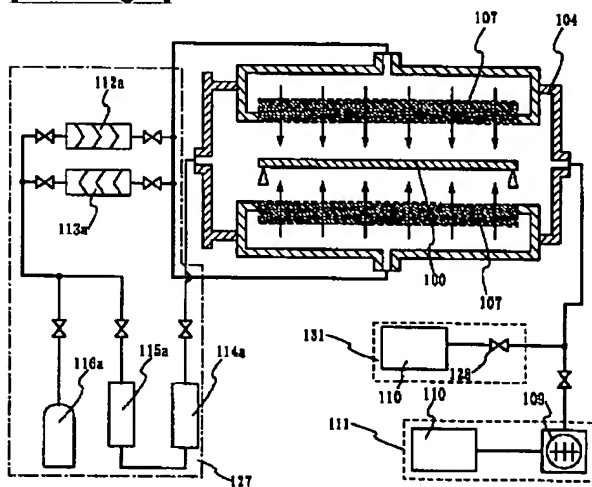


[Drawing 2]

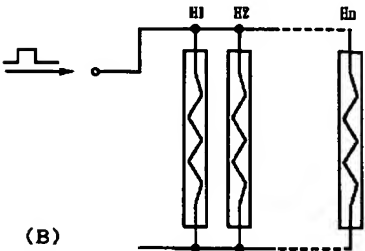
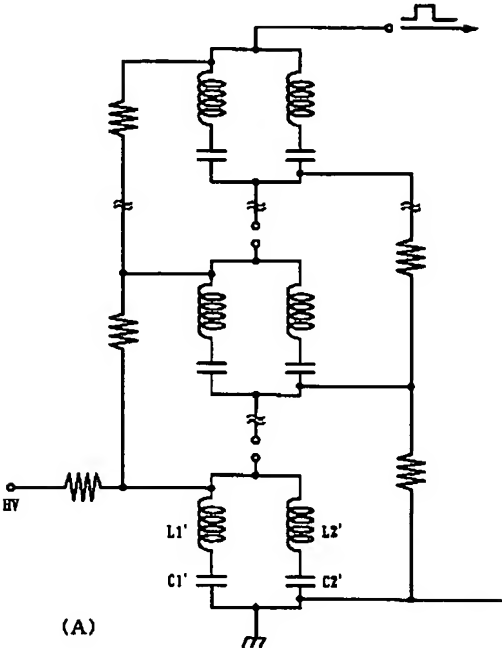




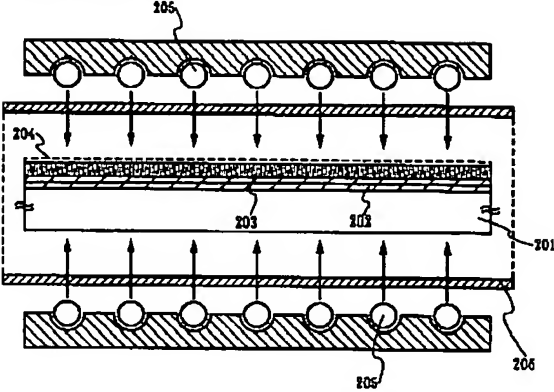
[Drawing 4]



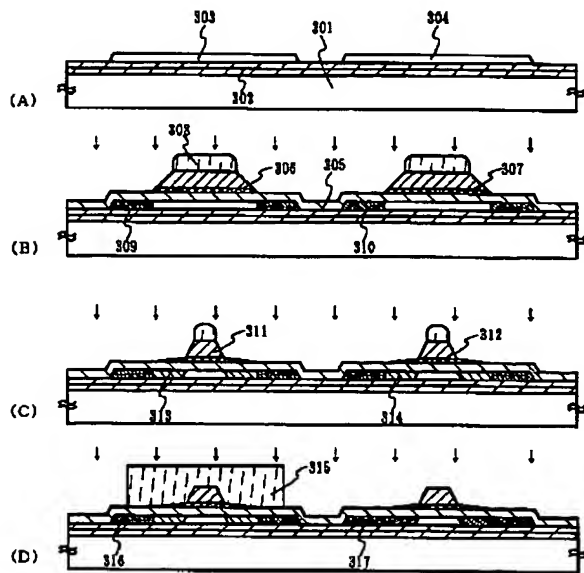
[Drawing 6]



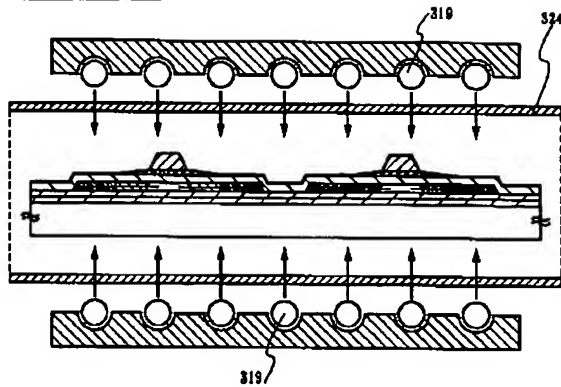
[Drawing 7]



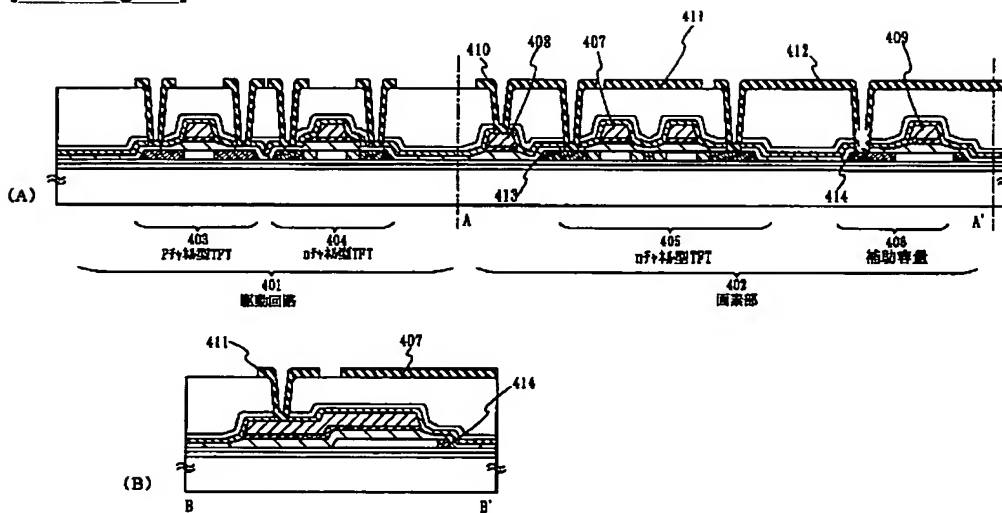
[Drawing 8]



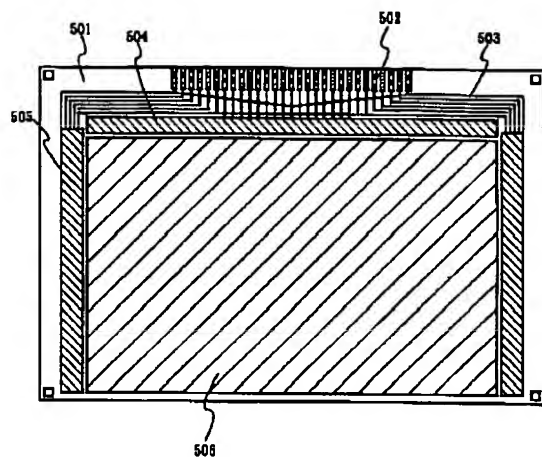
[Drawing 9]



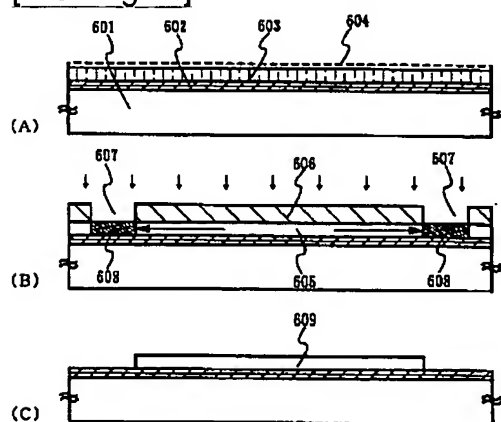
[Drawing 11]



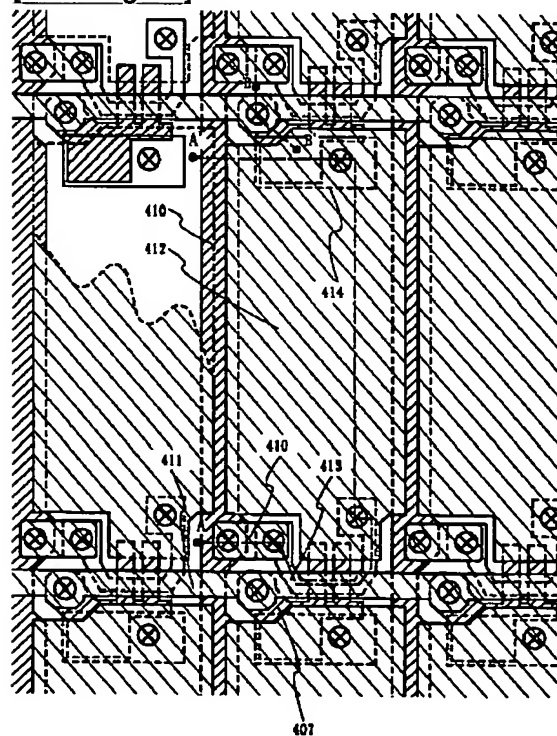
[Drawing 13]



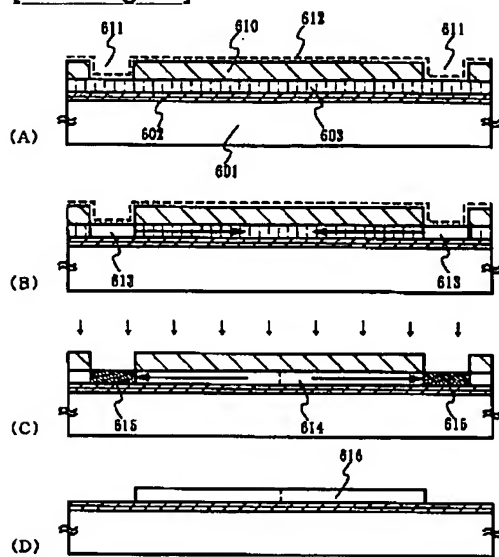
[Drawing 14]



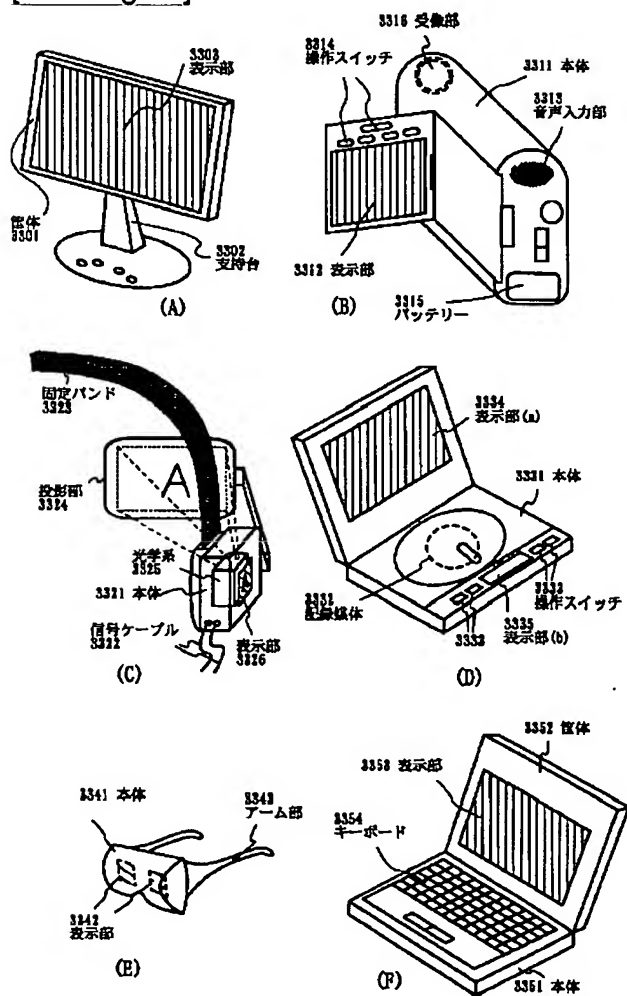
[Drawing 12]



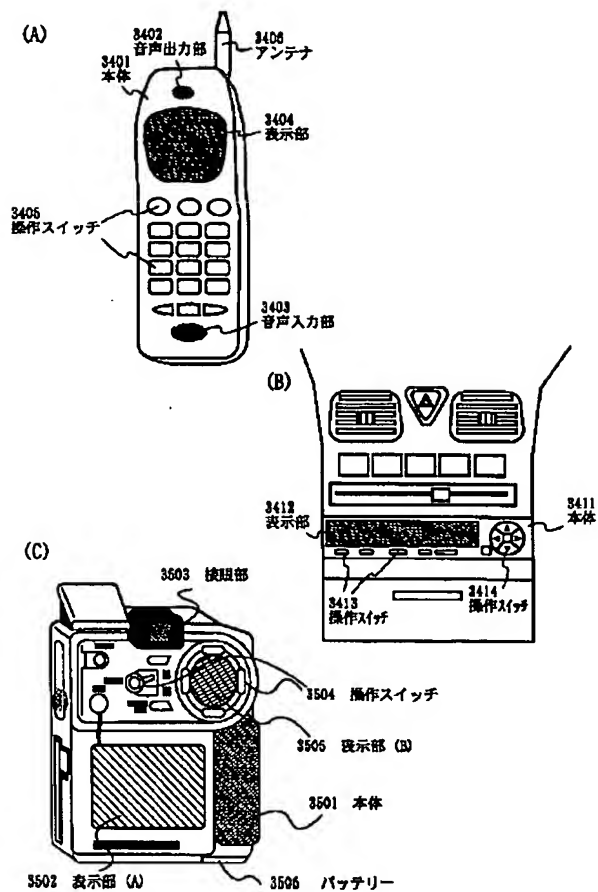
[Drawing 15]



[Drawing 16]



[Drawing 17]



[Translation done.]

(11)特許出願公開番号

特開2002-246327

(P2002-246327A)

(43)公開日 平成14年8月30日(2002.8.30)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード*(参考)
H 0 1 L 21/26		G 0 2 F 1/1368	2 H 0 9 2
G 0 2 F 1/1368		H 0 1 L 21/20	4 M 1 0 4
H 0 1 L 21/20		21/265	6 0 2 C 5 F 0 5 2
21/265	6 0 2	21/28	A 5 F 1 1 0
21/28		21/322	G
<div> <div>審査請求</div> <div>未請求</div> <div>請求項の数18</div> <div>OL (全 17 頁)</div> <div>最終頁に続く</div> </div>			

(21)出願番号 特願2001-44569(P2001-44569)

(22)出願日 平成13年2月21日(2001.2.21)

(71)出願人 000153878

株式会社半導体エネルギー研究所

神奈川県厚木市長谷398番地

(72)発明者 山崎 舜平

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半
導体エネルギー研究所内

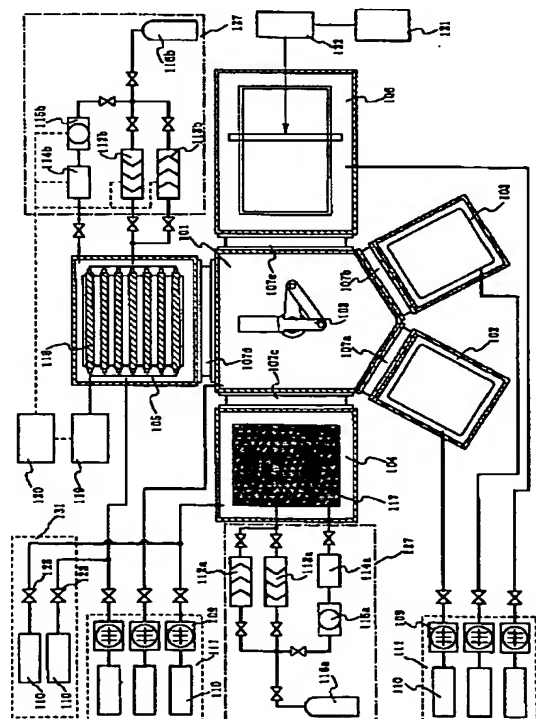
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 熱処理装置並びに半導体装置の作製方法

(57) 【要約】

【課題】 半導体装置の高性能化が進むにつれ、ゲート電極がメタル化するなど、比較的耐熱温度の低い層の形成が増えてきており、低温でしかも短時間で熱処理することが望まれている。

【解決手段】本発明の熱処理装置の構成は、反応管と、反応管内を高圧にする加圧手段と、反応管内に設置される被処理体を加熱するための光源とを備えている。このような構成を用いた本発明の半導体装置の作製方法は、反応管内を高圧に保持し、前記反応管の外側に備えられた光源から射出された光により、前記反応管内に置かれた被処理体を加熱することを特徴としている。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 反応管と、前記反応管内を高圧にする加圧手段と、前記反応管内に設置される被処理体を加熱するための光源と、前記光源を点灯および消灯させる手段とを有することを特徴とする熱処理装置。

【請求項 2】 反応管と、前記反応管内を高圧にする加圧手段と、前記反応管内に設置される被処理体を加熱または冷却する気体を導入する手段と、前記反応管内に設置される被処理体を加熱するための光源と、前記光源を点灯および消灯させる手段とを有することを特徴とする熱処理装置。

【請求項 3】 反応管の外側に光源を有し、前記反応管内を高圧に保持すると共に、前記光源を点灯して被処理体を加熱する手段とを有することを特徴とする熱処理装置。

【請求項 4】 反応管の外側に光源を有し、前記反応管内を高圧に保持すると共に、前記反応管内に加熱された気体を供給し、前記光源を点灯して被処理体を加熱する手段と有することを特徴とする熱処理装置。

【請求項 5】 反応管の外側に光源を有し、前記反応管内を高圧に保持すると共に、前記反応管内に加熱された気体を供給し、かつ、前記光源は点灯して被処理体を加熱し、前記反応管内に気体を供給し前記被処理体を冷却する手段とを有することを特徴とする熱処理装置。

【請求項 6】 請求項 1 乃至 5 のいずれか一項において、前記高圧は、 $1.1 \times 10^5 \sim 2.5 \times 10^5$ Pa の範囲であることを有することを特徴とする熱処理装置。

【請求項 7】 請求項 1 乃至 5 のいずれか一項において、前記光源は、ハロゲンランプ、メタルハライドランプ、高圧水銀ランプ、高圧ナトリウムランプ、キセノンランプから選ばれた一つであることを特徴とする熱処理装置。

【請求項 8】 請求項 1 乃至 5 のいずれか一項において、前記気体は、窒素、ヘリウム、アルゴン、クリプトン、キセノンから選ばれた一つであることを特徴とする熱処理装置。

【請求項 9】 反応管内を高圧に保持すると共に、前記反応管の外側に備えられた光源を点灯して、前記反応管内に置かれた被処理体を加熱することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 10】 反応管内を高圧に保持すると共に、前記反応管内に加熱された気体を供給し、前記反応管の外側に備えられた光源を点灯して、前記反応管内に置かれた被処理体を加熱することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 11】 反応管内を高圧に保持すると共に、前記反応管内に加熱された気体を供給し、前記反応管の外側に備えられた光源を点灯して、前記反応管内に置かれた被処理体を加熱し、その後前記反応管内に気体を供給し前記被処理体を冷却することを特徴とする半導体装置

の作製方法。

【請求項 12】 一導電型の不純物領域を形成された半導体膜を反応管内に設置して、前記反応管内を高圧に保持すると共に、前記反応管の外側に備えられた光源を点灯して、前記半導体膜を加熱することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 13】 一導電型の不純物領域を形成された半導体膜を反応管内に設置して、前記反応管内を高圧に保持すると共に、前記反応管内に加熱された気体を供給し、前記反応管の外側に備えられた光源を点灯して、前記半導体膜を加熱することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 14】 一導電型の不純物領域を形成された半導体膜を反応管内に設置して、前記反応管内を高圧に保持すると共に、前記反応管内に加熱された気体を供給し、前記反応管の外側に備えられた光源を点灯して、前記半導体膜を加熱し、その後前記反応管内に気体を供給し前記被処理体を冷却することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 15】 請求項 9 乃至 14 のいずれか一項において、前記高圧は $1.1 \times 10^5 \sim 2.5 \times 10^5$ Pa の範囲であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 16】 請求項 9 乃至 14 のいずれか一項において、前記光源はハロゲンランプ、メタルハライドランプ、高圧水銀ランプ、高圧ナトリウムランプ、キセノンランプから選ばれた一つであることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 17】 請求項 9 乃至 16 のいずれか一項において、前記半導体装置は、液晶表示装置または発光装置であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 18】 請求項 9 乃至 16 のいずれか一項において、前記半導体装置は、携帯電話、ビデオカメラ、デジタルカメラ、プロジェクター、ゴーグル型ディスプレイ、パーソナルコンピュータ、DVD プレイヤー、電子書籍、または携帯型情報端末であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、熱処理装置及び該熱処理装置を用いた半導体装置の作製方法に関する。特に本発明は、ランプなど光源からの放射により被処理物を加熱する熱処理装置に関し、該熱処理装置を用いた半導体装置の作製方法は、結晶構造を有する半導体膜を用いる半導体装置に適用される。尚、本明細書において半導体装置とは半導体特性を利用して機能しうる装置全般を指している。

【0002】

【従来の技術】近年、集積回路はシリコンウエハーなどの半導体基板を用いて作製されるものばかりでなく、ガラスや石英などの基板上に形成した薄膜トランジスタ

10

20

30

40

50

(以下、TFTという)を用いる方法も開発されている。半導体装置の製造工程においてファーンズアニール炉による熱アニール法に代表される熱処理は必須の工程であり、特に半導体膜の結晶化、ドーピング処理後等には欠かすことができない。

【0003】なぜなら、半導体装置を製造するために用いる半導体膜を非晶質半導体膜で形成するより、該非晶質半導体膜を熱処理によって結晶化させた結晶構造を有する半導体膜(以下、結晶質半導体膜と記す)で形成する方が良好な電気的特性を得ることができるからである。

【0004】また、ドーピング処理において、半導体膜へ打ち込まれるイオンのエネルギーは、半導体膜を形成する元素の結合エネルギーと比較して非常に大きい。そのため、前記半導体膜へ打ち込まれるイオンは前記半導体膜を形成する元素を格子点から弾き飛ばして結晶に欠陥を生じさせる。したがって、ドーピング処理後は前記欠陥の回復を行い、同時に打ち込んだ不純物元素を活性化させるために加熱処理を行う。また、不純物元素を活性化させることは、不純物元素が添加された領域を低抵抗領域にしてLDD領域、ソース領域およびドレイン領域として機能させるために重要なプロセスである。

【0005】さらに、結晶化を促進する金属元素を用いて半導体膜の結晶化を行うと、形成される結晶質半導体膜の結晶性は良好なものとなる。しかしながら、結晶質半導体膜の膜中或いは膜表面には、前記金属元素が残存し、得られる素子の特性をばらつかせるなどの問題がある。即ち、結晶化を促進する作用のある金属元素は、一旦、結晶質半導体膜が形成されてしまえば、かえって不要な存在となってしまう。そのため、結晶質半導体膜から金属元素を除去する技術(ゲッタリング技術)が開発され、特開平10-270363号公報に開示している。前記ゲッタリング技術とは、まず、結晶質半導体膜に15族に属する元素を選択的に添加して熱処理を行う。前記熱処理により、前記15族に属する元素が添加されていない領域(被ゲッタリング領域)の前記金属元素は前記被ゲッタリング領域から放出され、拡散し、前記15族に属する元素の添加領域(ゲッタリング領域)に捕獲される。その結果、前記被ゲッタリング領域において前記金属元素の除去または低減することができる。また、15族に属する元素だけでなく13族に属する元素も併せて導入しても、金属元素をゲッタリングできることは確認されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】半導体装置の高性能化が進むにつれ、ゲート電極がメタル化するなど、比較的耐熱温度の低い層の形成が増えてきている。特に、ドーピング処理後の熱処理はゲート電極や配線形成後に行われることが多いため、低温でしかも短時間で処理することが望まれており、ファーンズアニール炉のように加熱

及び冷却にかなりの時間を必要とする方法は必ずしも適切ではないと考えられている。

【0007】また、既に述べたように、半導体装置の製造工程において熱処理は複数の工程において必須の工程となっている。そのため、少しでも低温、かつ、短時間で熱処理を行うことができれば、加熱のための消費電力を大幅に低減することが可能となる。これは、製造コストの低減のために非常に重要になっている。

【0008】本発明はこのような問題点を解決するための技術であり、TFTを用いて作製するアクティブマトリクス型の液晶表示装置に代表される半導体装置において、該半導体装置の動作特性および信頼性を向上させると共に、製造コストの低減を実現する熱処理装置を提供することを目的としている。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記問題点を解決するため、本発明は、急速加熱及び急速冷却を行う熱処理技術として、瞬間熱アニール(Rapid Thermal Anneal:以下、RTAと記す)を適用する。RTAは主に赤外線ランプを用いて基板を急速に加熱し、短時間で熱処理を行う方法である。

【0010】そして、本発明の熱処理装置の構成は、反応管と、反応管内を高圧にする加圧手段と、反応管内に設置される被処理体を加熱するための光源とを備えている。

【0011】そして、本発明の熱処理装置の他の構成は、反応管と、反応管内を高圧にする加圧手段と、反応管内に設置される被処理体を加熱または冷却する気体を導入する手段と、反応管内に設置される被処理体を加熱するための光源とを備えている。

【0012】光源にはハロゲンランプ、メタルハライドランプ、高圧水銀ランプ、高圧ナトリウムランプ、キセノンランプなどが採用されるが、いずれにしても放射光として被処理体が吸収する波長帯を含むものを用いる。例えば、シリコン膜であれば0.5~1.5 μm の波長帯の光を放射するハロゲンランプやメタルハライドランプなどが適している。

【0013】また、反応管内に導入する気体は窒素、ヘリウム、アルゴン、クリプトン、キセノンなどの不活性気体を用い、加熱された被処理体と反応することを防ぐ。もちろん、水素などの還元ガスや、酸素などを導入して、故意に被処理体と反応させることもできる。

【0014】また、このような構成を用いた本発明の半導体装置の作製方法は、反応管内を高圧に保持し、前記反応管の外側に備えられた光源から射出された光により、前記反応管内に置かれた被処理体を加熱することを特徴としている。

【0015】被処理体の熱処理の方法は、光源から射出した光を被処理体に照射して加熱する方法である。この熱処理は結晶化、不純物元素の活性化、ゲッタリングな

ど所望の熱処理を行うためのものである。

【0016】また、このような構成を用いた本発明の他の半導体装置の作製方法は、反応管内を高圧に保持すると共に、前記反応管内に加熱された気体を供給し、前記反応管の外側に備えられた光源から射出された光により、前記反応管内に置かれた被処理体を加熱することを特徴としている。また、加熱を終了した後は、反応管内に気体を供給し前記被処理体を冷却することによりスループットを向上させることもできる。

【0017】被処理体の熱処理の方法は、加熱した不活性気体を被処理体に吹き付けて行う他に、光源を点灯して被処理体を加熱することにより行う方法も採用される。この熱処理は結晶化、不純物元素の活性化、ゲッターリングなど所望の熱処理を行うためのものである。

【0018】また、被処理体の熱処理の方法は、加熱した不活性気体を被処理体に吹き付けて行う他に、光源を周期1秒以下でパルス状に点滅して被処理体を加熱する第1の段階と、前記光源を周期1秒以上でパルス状に点滅して被処理体を加熱する第2の段階により行う方法も採用される。この第1の段階は所定の温度まで被処理体を予熱するために行い、第2の熱処理は結晶化、不純物元素の活性化、ゲッターリングなど所望の熱処理を行うためのものである。

【0019】被処理体としては、ガラスまたは石英などの基板上に形成された半導体膜などであり、半導体膜には一導電型の不純物が添加された不純物領域が形成されていても良い。また、ゲート絶縁膜、ゲート電極などが形成されていても良い。

【0020】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。本発明の熱処理装置の構成を図1により説明する。図1に示す熱処理装置は、基板を移動させる搬送手段108を備えた搬送室101の周りに、ロード室102、アンロード室103、予備加熱室104、熱処理室105、レーザー処理室106を備えた構成となっている。これらの部屋は、加圧手段127により高圧に保持することが可能となっている。また、ゲート107a~107eを介して搬送室101と連結されている。

【0021】熱処理室105には光源118が備えられ、電源ユニット119により点灯させる。

【0022】反応管160内を高圧にする際に導入する気体は窒素やヘリウム、アルゴン、クリプトン、ネオンなどの不活性気体を用いる。いずれにしても光源118の輻射熱に対し吸収率の小さい媒質であることが望ましい。この気体はシリンダー116bから供給されるが、このような気体を供給する手段として、反応管160に導入する前に気体の加熱手段112b及び冷却手段113bが設けられている。これは反応管160に設置される被処理体の加熱又は冷却をするためのものであり、気

体はこのいずれか一方の経路により反応管160に導入される。反応管160に供給した気体は、サーキュレータ115bにより循環させて基板を冷却する。この場合、気体の純度を維持するために精製器114bを途中に設けておくことが望ましい。精製器114bはゲッター材を用いても良いし、液体窒素によるコールドトラップを用いても良い。また、高圧にする前に排気手段により真空にした後、所望のガスを用いて高圧にすることもできる。排気手段111としてターボ分子ポンプ109とドライポンプ110が備えられている。勿論、排気手段には、その他の真空ポンプを用いることが可能である。また、高圧から大気圧に減圧する排気手段131として自動制御弁128およびドライポンプ110が備えられている。さらに、排気の流量を調節するために、自動制御弁とドライポンプの間にマスフローメータ等を用いてもよい。もちろん、手動式の開閉弁を設置してもよいし、他の排気ポンプを用いても良い。

【0023】光源118はその電源ユニット119により点灯する。光源118の点灯及び消灯と、熱処理室105に流す気体の流量は連動して変化させている。被処理体は光源118の点灯により急速に加熱される。昇温期間は100~200℃/秒という昇温速度で設定温度（例えば1150℃）まで加熱する。設定温度は、被処理基板近傍に置かれた温度検出手段により検知される温度である。温度検知手段としてはサーモパイルや熱電対などを用いる。

【0024】例えば、150℃/秒の昇温速度で加熱すれば、1100℃まで7秒弱で加熱できる。その後、ある一定時間設定温度に保持し、光源の点灯を遮断する。

【0025】光源にはハロゲンランプ、メタルハライドランプ、高圧水銀ランプ、高圧ナトリウムランプ、キセノンランプなどを用いることができる。光源118は所望の時間点灯し続けてもよいし、周期1秒以下でパルス状に点滅して被処理体を加熱する第1の段階と、周期1秒以上でパルス状に点滅して被処理体を加熱する第2の段階とに分けて行ってもよい。第1の段階は被処理体を予備加熱するために行い、200~400℃程度までの加熱を行う。第2の段階は、熱処理を目的とした加熱であり、光源118の点灯時間を長くして所望の温度まで基板を加熱する。

【0026】光源118のパルス状の点灯は、被処理体の所定の領域を選択的に加熱するために行っている。例えば、被処理体としてガラス基板上の半導体膜がある場合、赤外領域に強いスペクトル分布を持つハロゲンランプを用いれば、ガラス基板を変形させることなく実質的に半導体膜を600℃以上に加熱することができる。

【0027】周期1秒以下でパルス状に点滅して被処理体を加熱する第1の段階のように、短い周期でパルス状の放電を可能とする回路の一例は図6に示されている。

図6(A)の回路はパルスフォーミングネットワーク(P

ulse Forming Network)回路であり、L1、C1、Rによる臨界制動放電に、L2、C2、Rによる3倍の周期の減衰振動を加えることでパルス波形を方形波としている。このような放電回路によりパルス幅10ナノ秒～100ミリ秒で、10MA程度の出力が可能となる。放電の持続時間はLとCの値や接続段数により可変可能である。その出力は図6(B)に示すように光源H1～Hnに供給される。一方、周期1秒以上でパルス状に点滅して被処理体を加熱する第2の段階は、バッテリーを用やフライホイール発電機などにより行う。

【0028】熱処理は、大気圧下に保持された熱処理室105内に被処理体を設置し、第1の段階として加圧手段127および加熱手段112bにより加熱された気体を導入し、 $1 \times 10^5 \sim 2.5 \times 10^5$ Paに保つ。同時に、導入された気体により被処理体は200～400程度まで加熱される。この気体は精製器114b、循環器115b、加熱手段112bの経路により循環させても良い。この第1の段階として光源118を周期1秒以下の短い間隔で点滅させる加熱を加えても良い。その後、第2の段階として光源118より1～60秒の点灯時間のパルス光を複数回照射する熱処理を行う。所定の熱処理が終わった後、気体の流入経路を変更し、冷却手段113bを介して導入する。これは、被処理体を冷却するために行うものであり、冷却される気体の温度は室温～液体窒素温度程度までとする。

【0029】このように、本発明の熱処理装置は、被処理体の加熱と冷却にかかる時間を短縮するために室温以上の温度に加熱、又は室温からそれ以下の温度に冷却した気体を用いることを特徴としている。また、導入する気体を用いて、反応管内を高圧にすることを特徴として、高圧下にて行うことにより、大気圧での処理よりも被処理体や気体の融点下がるため、前記被処理体に熱処理を行うのに適した温度が下がり、前記適した温度までの昇温時間を短縮できる。また、前記適した温度は、大気圧下にて被処理体に熱処理を行うのに適した温度よりも低温であり、さらに導入する気体が媒体となって熱を伝えるため、反応管内の雰囲気および被処理体において均熱性の向上が可能となる。また、反応管内を排気したのち（好ましくは真空状態にする）、気体を導入して前記反応管内を加圧すると、大気中やCR内に存在する不純物元素が前記反応管内において著しく低減されるため、熱処理を好適に行うことができる。特に、前記反応管内の酸素濃度を著しく低下することができるため、被処理体の酸化が抑制されて不純物の活性化を促進し、再現性の高い熱処理を行うことができる。このように、実際の加熱温度を低くすることで加熱時間を短くし、かつ、半導体膜に選択的に吸収される光を光源から照射することにより、基板自体はそれ程加熱することなく、半導体膜のみを選択的に加熱することが可能となる。

【0030】予備加熱室104は被処理体の加熱及び冷却をより積極的に行うものであり、シリンダー116aから供給される不活性気体を加熱手段112a又は冷却手段113aにより加熱又は冷却し、被処理体に吹き付ける構成となっている。予備加熱室104は同様に排気手段111により高圧に保持され、導入された気体は精製器114a、循環器115aにより循環させることも可能である。

【0031】また、付属するレーザー処理室106はレーザー光により被処理体の熱処理を行う処理室であり、レーザー発振器121及びレーザー光を被処理体に所定のエネルギー密度で照射するための光学系122などが備えられている。

【0032】図2は熱処理室105の詳細を説明する図である。熱処理室105には石英で形成された反応管160があり、その外側に光源118が設けられている。反応管160内に被処理体が設置されるが、温度分布を均一なものとするために被処理基板はピン上に乗せられる。加圧手段127は、反応管内の気体を供給し高圧に保持するために用いる。また、排気手段111は、好ましくはターボ分子ポンプ109とドライポンプ111とからなり、反応管内の気体を排気するために用いる。また、排気手段131は、高圧から大気圧に減圧するために用い、排気手段111は、大気圧から減圧するために用いる。光源118により加熱される温度の測定は、熱電対を用いた温度検出手段124により行う。反応管160内にはサーモパイルなどのセンサー125が設けられ、間接的に被処理体の加熱温度をモニターしている。

【0033】高圧下での熱処理においても、光源からの輻射が被処理体に吸収される波長帯を用いることにより、効率良く加熱することが可能である。

【0034】光源118は電源ユニット119により点灯と消灯の動作をする。コンピュータ120はこの電源ユニット119と、気体の加熱手段112b及び冷却手段113b、精製器114b、循環器115bの動作を集中して制御している。

【0035】反応管160は二重構造になっており、内管161の内側に被処理体が設置されている。加熱手段112b又は冷却手段113bを介して供給される不活性気体は反応管（外管）160と内管161との間に供給され、内管161に設けられた細孔から内管161の内側に供給されるようになっている。

【0036】反応管160内を高圧にするため、該反応管160は高圧に耐え得る材質や厚みにする必要がある。必要に応じて、129および130からなる高圧容器で反応管160を密閉してもよい。前記高圧容器を用い、該高圧容器内を大気圧より高く、かつ、反応管より少し高圧または低圧とすれば、実質的な反応管に対する加圧が小さくなるので、前記反応管の材質や厚みの制約が少なくなる。また、光源118からの光を被処理体に

照射するため、少なくとも被処理体への照射する領域に対応する高压容器部分は前記光に対する透過材料であるとする。例えば、前記光が可視光であるなら、129を合成石英で形成し、130をステンレスで形成すれば、光源からの光を遮ることなく被処理体に照射することができる。また、反応管と同様に、高压容器にも加圧手段および加熱手段127と、排気手段111、131を設置する。また、高压容器および反応管に導入する気体は同じものが望ましい。

【0037】図3は熱処理室105における他の構成例であり、反応管160内に供給する不活性気体を加熱及び冷却する手段としてラジエーター162を用い、反応管160に直結した構成を示している。ラジエーター162は熱交換器126に接続し加熱又は冷却を行う。その他の構成は図2と同様なものとする。

【0038】図4は予備加熱室104の構成を示し、シリンダー116aから加熱手段112a又は冷却手段113aを介して供給される不活性気体は多孔質材107を通して予備加熱室104内に供給される。細孔を多数設けたシャワー板などを用いても良いが、基板100により均一に不活性気体を吹き付けるにはセラミックなどで形成される多孔質材を用いて行うことが望ましい。その他排気手段111などの構成は図1の説明に従うものとする。

【0039】本発明の熱処理装置に適した不活性気体の加熱手段及び冷却手段の構成の一例を図5に示す。図5

(A)は加熱手段の一例を示し、気体を通過させるシリンダー150の内側に高純度のチタンやタングステンで形成されたフィン152が設けられている。シリンダー150は透光性の石英などで形成され、その外側に設けられた光源150の輻射によりフィン152を加熱する。気体はフィン152に接触して加熱されるが、熱源をシリンダー150の外側に設けることにより汚染が防止され、通過させる気体の純度を維持することができる。

【0040】図5(B)は冷却手段の一例を示し、気体を通過させるシリンダー153内に高純度のチタンやタングステンで形成されたフィン154が設けられ、ヒートパイプにより熱交換器155と接続している。気体はフィン154に接触して加熱される。

【0041】以上、本発明を用いることにより、ガラス等の耐熱性の低い基板を用いた場合においても、短時間の熱処理で半導体膜に添加した不純物元素の活性化や、半導体膜のゲッターリング処理をする方法及びそのような熱処理を可能とすることができる。そしてこのような熱処理は半導体装置の製造工程に組み入れることができる。本実施例において示す熱処理装置の構成は一例であり、ここで示す構成に限定されるものではない。本発明の熱処理装置は、被処理基板を冷却する手段と、高压下でパルス状に光源からの光を照射して半導体膜を加熱さ

せる構成に特徴があり、このような構成が満足されれば、その他の構成は特に限定されるものではない。

【0042】勿論、本発明の熱処理装置はTFTのみならず半導体基板を用いた集積回路の熱処理工程に用いることができる。

【0043】

【実施例】〔実施例1〕本発明の熱処理装置を用いて、非晶質半導体膜を結晶化させる実施例を図7により説明する。

【0044】図7において、基板201はアルミノホウケイ酸ガラスまたはバリウムホウケイ酸ガラスなどによる透光性の基板である。厚さは0.3~1.1mmのものを用いる。この基板201上に非晶質シリコン膜203をプラズマCVD法で形成する。また、基板201から非晶質シリコン膜に熱処理などにより不純物元素が混入しないようにブロッキング層201を形成する。通常はシリコンを成分とする絶縁膜を用いて形成するが、本実施例では、SiH₄、N₂O、NH₃からプラズマCVD法で作製される第1酸化窒化シリコン膜を50nm、SiH₄、N₂OからプラズマCVD法で作製される第2酸化窒化シリコン膜を100nmの厚さに形成し、これらを積層させてブロッキング層202としている。

【0045】非晶質シリコン膜203上には、シリコンの結晶化に必要な加熱温度を低温化することが可能な金属元素を添加する。このような触媒作用のある金属元素としては鉄(Fe)、ニッケル(Ni)、コバルト(Co)、ルテニウム(Ru)、ロジウム(Rh)、パラジウム(Pd)、オスmium(Os)、イリジウム(Ir)、白金(Pt)、銅(Cu)、金(Au)などであり、これらから選ばれた一種または複数種を用いることができる。

【0046】重量換算で0.1~100ppm、好ましくは1~5ppmのニッケルを含む酢酸ニッケル塩溶液をスピナーで塗布してニッケル含有層204を形成する。この場合、当該溶液の馴染みをよくするために、非晶質シリコン膜204の表面処理として、オゾン含有水溶液で極薄い酸化膜を形成し、その酸化膜をフッ酸と過酸化水素水の混合液でエッチングして清浄な表面を形成した後、再度オゾン含有水溶液で処理して極薄い酸化膜を形成しておくことと良い。シリコンの表面は本来疎水性なので、このように酸化膜を形成しておくことにより酢酸ニッケル塩溶液を均一に塗布することができる。

【0047】このような形態の被処理体を、大気圧下に保持された熱処理室105内に設置する。第1の段階として加圧手段127および加熱手段112bにより250℃に加熱された不活性気体を導入し、 $1.1 \times 10^5 \sim 2.5 \times 10^5$ Paに保つ。同時に、導入された不活性気体により被処理体には予備加熱が行なわれる。予備加熱の時間は任意なものとするが、一例として5分間のその状態で保持する。或いは、他に設けられた予備加熱

室であらかじめ加熱されている場合には、1分間の予備加熱とすることもできる。

【0048】この第1の段階として光源118を点灯させる加熱を加えても良い。その後、第2の段階として光源118より所望の点灯時間照射する熱処理を行う。所定の熱処理が終わった後、気体の流入経路を変更し、冷却手段113bを介して導入する。これは、被処理体を冷却するために行うものであり、冷却される気体の温度は室温～液体窒素温度程度までとする。

【0049】光源から射出された光により加熱される半導体膜の温度は直接的に測定されないが、熱電対を用いた温度センサーの測定値として1250℃となるように輻射強度を調節する。この熱処理により非晶質シリコン膜を結晶化させることができる。その後、不活性気体の導入経路を切り換え、冷却手段により室温またはそれ以下の温度に冷却した不活性気体により冷却を行う。

【0050】また、プラズマCVD法で作製された非晶質シリコン膜は膜中に水素が10～30原子%程度残留しており、この水素を加熱により脱離させてから結晶化を行うことが通常行われる。そのための熱処理として、点灯時間0.1秒程度のパルス光を複数回照射して半導体膜を500℃程度まで加熱し、脱水素処理を行っても良い。この脱水素処理は高圧下で行うことにより、より促進させることができる。

【0051】こうして、実質的には数秒～数分の加熱時間で非晶質シリコン膜を結晶化することができ、歪み点が660℃のガラス基板を用いても、基板を歪ませること無く結晶化を行うことができる。

【0052】〔実施例2〕このようにして作製される結晶質半導体膜を用いてTFETを作製する方法を図8を用いて説明する。

【0053】まず、図8(A)において、アルミノホウケイ酸ガラスまたはバリウムホウケイ酸ガラスなどによる透光性の基板301上に島状に分離された結晶質半導体膜303、304を形成する。また、基板301と半導体膜との間には、窒化シリコン、酸化シリコン、窒化酸化シリコンから選ばれた一つまたは複数種を組み合わせた第1絶縁膜302を50～200nmの厚さで形成する。

【0054】第1絶縁膜302の一例として、プラズマCVD法でSiH₄とN₂Oを用い酸化窒化シリコン膜を50～200nmの厚さに形成する。その他の形態として、プラズマCVD法でSiH₄とNH₃とN₂Oから作製される酸化窒化シリコン膜を50nm、SiH₄とN₂Oから作製される酸化窒化シリコン膜を100nm積層させた2層構造や、或いは、窒化シリコン膜とTEOS(Tetraethyl Ortho Silicate)を用いて作製される酸化シリコン膜を積層させた2層構造としても良い。

【0055】そして、第2絶縁膜305を80nmの厚さで形成する。第2絶縁膜305はゲート絶縁膜として利

用するものであり、プラズマCVD法またはスパッタ法を用いて形成する。第2絶縁膜305として、SiH₄とN₂OにO₂を添加させて作製する酸化窒化シリコン膜は膜中の固定電荷密度を低減させることが可能となり、ゲート絶縁膜として好ましい材料である。勿論、ゲート絶縁膜はこのような酸化窒化シリコン膜に限定されるものでなく、酸化シリコン膜や酸化タンタル膜などの絶縁膜を単層または積層構造として用いても良い。

【0056】その後、図8(B)に示すように、第2絶縁膜305上にゲート電極を形成するための第1導電膜と第2導電膜とを形成する。第1導電膜は窒化タンタルであり、第2導電膜はタングステンを用いて形成する。この導電膜はゲート電極を形成する為のものであり、それぞれの厚さは30nm及び300nmとする。

【0057】その後、光露光工程により、ゲート電極を形成するためのレジストパターン308を形成する。このレジストパターンを用いて第1のエッチング処理を行う。エッチング方法に限定はないが、好適にはICP(Inductively Coupled Plasma: 誘導結合型プラズマ)エッチング法を用いる。タングステン及び窒化タンタルのエッチング用ガスとしてCF₄とCl₂を用い、0.5～2Pa、好ましくは1Paの圧力でコイル型の電極に500WのRF(13.56MHz)電力を投入してプラズマを生成して行う。この時、基板側(試料ステージ)にも100WのRF(13.56MHz)電力を投入して、実質的に負の自己バイアス電圧を印加する。CF₄とCl₂を混合した場合にはタングステン、窒化タンタルをそれぞれ同程度の速度でエッチングすることができる。

【0058】上記エッチング条件では、レジストによるマスクの形状と、基板側に印加するバイアス電圧の効果により端部をテーパ形状とすることができる。テーパ一部の角度は15～45度となるようにする。また、ゲート絶縁膜上に残渣を残すことなくエッチングするためには、10～20%程度の割合でエッチング時間を増加させると良い。W膜に対する酸化窒化シリコン膜の選択比は2～4(代表的には3)であるので、オーバーエッチング処理により第2の絶縁層が露出した面は20～40nm程度エッチングされる。こうして、第1のエッチング処理により窒化タンタルとタングステンから成る第1形状電極306、307を形成することができる。

【0059】そして、第1のドーピング処理を行いn型の不純物(ドナー)を半導体膜にドーピングする。その方法に限定はないが、好ましくは、イオンドーブ法またはイオン注入法で行う。イオンドーブ法の条件はドーブ量を $1 \times 10^{13} \sim 5 \times 10^{14} / \text{cm}^2$ として行う。n型を付与する不純物元素として15族に属する元素、典型的にはリン(P)または砒素(As)を用いる。この場合、第1形状電極306、307はドーピングする元素に対してマスクとなり、加速電圧を適宜調節(例えば、20～60keV)して、第2絶縁膜を通過した不純物元素に

より第1不純物領域309、310を形成する。第1の不純物領域309、310におけるリン(P)濃度は $1 \times 10^{20} \sim 1 \times 10^{21} / \text{cm}^3$ の範囲となるようにする。

【0060】続いて、図8(C)に示すように第2のエッチング処理を行う。エッチングはICPエッチング法を用い、エッチングガスに CF_4 と Cl_2 と O_2 を混合して、1Paの圧力でコイル型の電極に500WのRF電力(13.56MHz)を供給してプラズマを生成する。基板側(試料ステージ)には50WのRF(13.56MHz)電力を投入し、第1のエッチング処理に比べ低い自己バイアス電圧を印加する。このような条件によりタングステン膜を異方性エッチングし、第1の導電層である窒化タンタル膜を残存させるようにする。こうして、第1のエッチング処理により窒化タンタルとタングステンから成る第2形状電極311、312を形成する。第2絶縁膜はこのエッチング処理により窒化タンタルで覆われていない部分が10~30nm程度エッチングされ薄くなる。

【0061】第2のドーピング処理におけるドーパ量は第1のドーピング処理よりも少なくし、かつ高加速電圧の条件でn型不純物(ドナー)をドーピングする。例えば、加速電圧を70~120keVとし、 $1 \times 10^{13} / \text{cm}^2$ のドーパ量で行い、第1の不純物領域の内側に第2の不純物領域を形成する。ドーピングは露出した窒化タンタルを通過させ、その下側の半導体膜に不純物元素を添加する。こうして、窒化タンタルと重なる第2不純物領域313、314を形成する。この不純物領域は、窒化タンタルの膜厚によって変化するが、そのピーク濃度は $1 \times 10^{17} \sim 1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ の範囲で変化する。この領域のn型不純物の深さ分布は一樣ではなくある分布をもって形成される。

【0062】そして図8(D)に示すようにレジストによるマスク315を形成し、半導体膜303、304にp型不純物(アクセプタ)をドーピングする。典型的にはボロン(B)を用いる。第1のp型不純物添加領域316、317の不純物濃度は $2 \times 10^{20} \sim 2 \times 10^{21} / \text{cm}^3$ となるようにし、含有するリン濃度の1.5~3倍のボロンを添加して導電性をp型になっている。

【0063】その後、図9に示すように、半導体膜の結晶性の回復および添加した不純物を活性化する熱処理を行う。この熱処理は実施形態において説明する熱処理装置を用い、高圧状態に保持された反応管内に被処理体を導入し、光源から射出された光の照射により行う。前記光はタングステンハロゲンランプ319を光源として基板の片面または両面から照射する。高圧下とし酸素濃度を10ppm以下に低減した状態で行う熱処理は、この段階で露出しているゲート電極の表面を酸化させることなく行うことができる。

【0064】この熱処理によって、不純物が活性化すると共に、第2形状の電極と重なる半導体膜の領域、即ち

チャネル形成領域から結晶化に用いた触媒元素を燐とボロンが添加された不純物領域にゲッタリングすることができる。ここでは、ボロンが添加された領域にはイオンドーピング時に同時に水素が取り込まれ、その水素がこの熱処理により再放出することにより一時的にダングリングボンドが多量に生成され、それがゲッタリングサイトとして作用するものと考えられる。

【0065】その後、図10に示すように酸化窒化シリコン膜または窒化シリコン膜から成る保護絶縁膜318をプラズマCVD法で50nmの厚さに形成する。クリーンオープンを用いる410℃の熱処理はこの保護絶縁膜318からの水素放出をもたらす、半導体膜の水素化を行い欠陥を補償することができる。

【0066】層間絶縁膜321は、ポリイミドまたはアクリルなどの有機絶縁物材料で形成し表面を平坦化する。勿論、プラズマCVD法でTEOSを用いて形成される酸化シリコンを適用しても良い。

【0067】次いで、層間絶縁膜321の表面から各半導体膜の不純物領域に達するコンタクトホールを形成し、Al、Ti、Taなどを用いて配線を形成する。図8(D)において322~323はソース線またはドレイン電極となる。こうしてnチャネル型TFTとpチャネル型TFTを形成することができる。ここではそれぞれのTFTを単体として示しているが、これらのTFTを使ってCMOS回路やNMOS回路、PMOS回路を形成することができる。

【0068】[実施例3] 図11(A)は、実施例2の工程により、同一基板上にpチャネル型TFT403、nチャネル型TFT404から成る駆動回路401と、nチャネル型TFT405から成る画素部402が形成された構成を示している。nチャネル型TFT405はマルチゲート構造を有しているが、作製工程は同様に行われる。また、画素部402には半導体膜414、第2絶縁膜、ゲート電極と同じ工程で作られる容量電極409からなる保持容量が形成されている。412は画素電極であり、410はデータ線408と半導体膜413の不純物領域とを接続する接続電極である。また、411はゲート線であり、図中には示されていないが、ゲート電極として機能する第3形状電極407と接続している。この第3形状電極407は、第2形状電極の窒化タンタルをエッチングすることにより形成されるものである。

【0069】駆動回路401のpチャネル型TFT403、nチャネル型TFT404を用いてシフトレジスタ、レベルシフタ、ラッチ、バッファ回路など様々な機能回路を形成することができる。図11(A)で示すA-A'間の断面構造は、図12で示す画素の上面図において示すA-A'線に対応している。また、図11

(B)で示すB-B'間の断面構造は、図12で示す画素の上面図において示すB-B'線に対応している。

【0070】このような基板から液晶表示装置や、発光素子で画素部を形成する発光装置を形成することができる。図13はTFTによって駆動回路と画素部が形成されている基板の外観図である。基板501上には画素部506、駆動回路504、505が形成されている。また、基板の一方の端部には入力端子502が形成され、各駆動回路に接続する配線503が引き回されている。

【0071】液晶表示装置を作製するには対向基板をシール材を用い間隙をもって貼り合わせ、その間隙に液晶を注入する。また、発光装置は有機発光素子を画素部に形成する。このように、本実施例によれば各種の半導体装置を作製することができる。

【0072】〔実施例4〕実施例1において示すように、非晶質半導体膜の全面に触媒作用のある金属元素を全面に添加して結晶化する方法は、本発明の熱処理装置を用いて行うことが可能であるが、より好ましくはその後金属元素をゲッタリングして除去することが望ましい。

【0073】図14はその一実施例を説明する図であり、非晶質半導体膜の全面に触媒作用のある金属元素を全面に添加して結晶化した後、ゲッタリングを行う方法である。図14(A)において、基板601はバリウムホウケイ酸ガラスやアルミノホウケイ酸ガラス、或いは石英などを用いることができる。基板601の表面には、ブロッキング層602として無機絶縁膜を10~200nmの厚さで形成する。ブロッキング層602はガラス基板に含まれるアルカリ金属がこの上層に形成する半導体膜中に拡散しないために設けるものであり、石英を基板とする場合には省略することも可能である。

【0074】ブロッキング層602の上に形成する非晶質構造を有する半導体膜603は、シリコンを主成分とする半導体材料を用いる。代表的には、非晶質シリコン膜又は非晶質シリコンゲルマニウム膜などが適用され、プラズマCVD法や減圧CVD法、或いはスパッタ法で10~100nmの厚さに形成する。良質な結晶を得るためには、非晶質構造を有する半導体膜603に含まれる酸素、窒素、炭素などの不純物濃度を極力低減する必要があり、高純度の材料ガスを用いることが望ましい。

【0075】その後、非晶質構造を有する半導体膜603の表面に、結晶化を促進する触媒作用のある金属元素を添加する。重量換算で1~10ppmのニッケルを含む酢酸ニッケル塩溶液をスピナーで塗布して触媒含有層604を形成する。この場合、当該溶液の馴染みをよくするために、非晶質構造を有する半導体膜603の表面処理として、オゾン含有水溶液で極薄い酸化膜を形成し、その酸化膜をフッ酸と過酸化水素水の混合液でエッチングして清浄な表面を形成した後、再度オゾン含有水溶液で処理して極薄い酸化膜を形成しておく。シリコンなど半導体膜の表面は本来疎水性なので、このように酸

化膜を形成しておくことにより酢酸ニッケル塩溶液を均一に塗布することができる。

【0076】勿論、触媒含有層604はこのような方法に限定されず、スパッタ法、蒸着法、プラズマ処理などにより形成しても良い。

【0077】その後、実施例1と同様にして本発明の熱処理装置を用い、 $1 \times 10^5 \sim 2.5 \times 10^5$ Paの高圧下にてパルス光の照射により図14(B)に示す結晶質半導体膜605を形成することができる。

【0078】さらに結晶化率（膜の全体積における結晶成分の割合）を高め、結晶粒内に残される欠陥を補修するためには、結晶質半導体膜605に対してレーザー光を照射することもある。レーザーには波長400nm以下のエキシマレーザー光や、YAGレーザーの第2高調波、第3高調波を用いる。いずれにしても、繰り返し周波数10~1000Hz程度のパルスレーザー光を用い、当該レーザー光を光学系にて100~800mJ/cm²に集光し、50~98%のオーバーラップ率をもって結晶質半導体膜605に対するレーザー処理を行っても良い。

【0079】こうして得られる結晶質半導体膜605には、金属元素（ここではニッケル）が残存している。それは膜中において一様に分布していないし、平均的な濃度とすれば、 1×10^{19} /cm³を越える濃度で残存している。勿論、このような状態でもTFTをはじめ各種半導体素子を形成することが可能であるが、より好ましくはゲッタリングにより当該元素を除去することが望ましい。

【0080】図14(B)はゲッタリングサイト608を形成するために、イオンドープ法で希ガス元素、或いは希ガス元素と一導電型の不純物元素を結晶質半導体膜605に添加する工程を示している。結晶質半導体膜605の表面には、マスク用の酸化シリコン膜606が100~200nmの厚さに形成され、開孔部607が設けられ結晶質半導体膜が露出した領域に希ガス元素、或いは希ガス元素と一導電型の不純物元素を添加する。希ガス元素の結晶質半導体膜中における濃度は $1 \times 10^{19} \sim 1 \times 10^{21}$ /cm³とする。

【0081】このドーピングは、水素で1~10%、好ましくは3~5%に希釈したフォスフィン(PH₃)またはジボラン(B₂H₆)を添加した後に希ガス元素を添加する。または、希ガスで1~10%、好ましくは3~5%に希釈したPH₃またはB₂H₆を添加する。しかし、より好ましくは、希ガス元素のみをイオンドープ法で添加してゲッタリングサイトを形成する。

【0082】希ガス元素としてはヘリウム(He)、ネオン(Ne)、アルゴン(Ar)、クリプトン(Kr)、キセノン(Xe)から選ばれた一種または複数種を用いる。代表的にはアルゴンを用いる。本発明はゲッタリングサイトを形成するためにこれら不活性気体をイ

オンソースとして用い、イオンドープ法或いはイオン注入法で半導体膜に注入することに特徴を有している。これら不活性気体のイオンを注入する意味は二つある。一つは注入によりダングリングボンドを形成し半導体膜に歪みを与えることであり、他の一つは半導体膜の格子間に当該イオンを注入することで歪みを与えることである。不活性気体のイオンを注入はこの両者を同時に満たすことができるが、特に後者はアルゴン (Ar)、クリプトン (Kr)、キセノン (Xe) などシリコンより原子半径の大きな元素を用いた時に顕著に得られる。

【0083】ゲッターリングは窒素雰囲気中で450～800℃、1～24時間、例えば550℃にて14時間の熱処理を行うと、ゲッターリングサイト608に金属元素を偏析させることができる。或いは、実施例1と同様にして本発明の熱処理装置を用い、 $1.1 \times 10^5 \sim 2.5 \times 10^5$ Paの高圧下にて光源から射出された光の照射により行うこともできる。その場合、ゲッターリングを効果的に成し遂げる為には、前記光により加熱される半導体膜の温度は格子を緩和して歪みを除去しない程度の温度とする。

【0084】その後、エッチングによりゲッターリングサイトを除去すると、図14 (C) に示すように金属元素の濃度が低減された結晶質半導体膜609が得られる。こうして形成された結晶質シリコン膜608は棒状または針状の結晶が集合して成り、その各々の結晶は巨視的に見ればある特定の方向性をもって成長している。特に、希ガス元素のみを用いてゲッターリングサイトを形成した場合には、この結晶質半導体膜609をそのまま用いて実施例2または3で示すTFTを形成することができる。

【0085】〔実施例5〕半導体膜の結晶化を助長する元素を選択的に導入する方法を図15により説明する。図15 (A) において、基板601としてガラス基板を用いる場合にはブロッキング層602を設ける。また、非晶質構造を有する半導体膜603も実施例1と同様に形成する。

【0086】そして、非晶質構造を有する半導体膜603上に上に100～200nmの厚さの酸化シリコン膜610を形成する。酸化シリコン膜の作製方法は限定されないが、例えば、オルトケイ酸テトラエチル (Tetraethyl Ortho Silicate: TEOS) とO₂とを混合し、反応圧力40Pa、基板温度300～400℃とし、高周波 (13.56MHz) 電力密度0.5～0.8W/cm²で放電させ形成する。

【0087】次に、酸化シリコン膜610に開口部611を形成し、重量換算で1～10ppmのニッケルを含む酢酸ニッケル塩溶液を塗布する。これにより、触媒金属含有層612が形成され、それは開口部611の底部のみで半導体膜603と接触する。

【0088】実施例1と同様にして本発明の熱処理装置

を用い、 $1.1 \times 10^5 \sim 2.5 \times 10^5$ Paの高圧下にて光源から射出された光の照射により図15 (B) に示す結晶質半導体膜605を形成することができる。この場合、結晶化は触媒となる金属元素が接した半導体膜の部分でシリサイドが形成され、それを核として基板の表面と平行な方向に結晶化が進行する。こうして形成された結晶質シリコン膜614は棒状または針状の結晶が集合して成り、その各々の結晶は巨視的に見ればある特定の方向性をもって成長している。

10 【0089】次いで、開口部611を利用して、同様にイオンドープ法で希ガス元素のみ、或いは希ガス元素と一導電型の不純物元素を添加してゲッターリングサイト615を形成する。ゲッターリングは窒素雰囲気中で450～800℃、1～24時間、例えば550℃にて14時間の熱処理を行うと、ゲッターリングサイト615に金属元素を偏析させることができる。或いは、実施例1と同様にして本発明の熱処理装置を用い、 $1.1 \times 10^5 \sim 2.5 \times 10^5$ Paの高圧下にて光源から射出された光の照射により行うことができる。その場合にも、ゲッターリングを効果的に成し遂げる為には、前記光により加熱される半導体膜の温度は格子を緩和して歪みを除去しない程度の温度とする。

【0090】その後、エッチングによりゲッターリングサイトを除去すると、図15 (D) に示すように金属元素の濃度が低減された結晶質半導体膜616が得られる。この結晶質半導体膜609をそのまま用いて実施例2または3で示すTFTを形成することができる。

30 【0091】〔実施例6〕実施例4または実施例5で示すような希ガス元素を用いたゲッターリングは、実施例2で示すTFTの製造工程において、ソース領域およびドレイン領域を形成するための不純物領域に希ガス元素を添加することで、同様な効果を得ることができる。即ち、当該不純物領域の抵抗率を下げるために行う活性化のための熱処理を行うことで、チャネル形成領域に残存する金属元素の濃度を低減させることができる。

【0092】〔実施例7〕本発明を用いることにより様々な半導体装置を製造することができる。その様な半導体装置として、ビデオカメラ、デジタルカメラ、ゴーグル型表示装置 (ヘッドマウントディスプレイ)、ナビゲーションシステム、音響再生装置 (カーオーディオ、オーディオコンボ等)、ノート型パーソナルコンピュータ、ゲーム機器、携帯情報端末 (モバイルコンピュータ、携帯電話、携帯型ゲーム機または電子書籍等)、記録媒体を備えた画像再生装置などが挙げられる。それら半導体装置の具体例を図16および図17に示す。

【0093】図16 (A) はデスクトップ型パーソナルコンピュータなどのモニターであり、筐体3301、支持台3302、表示部3303などから成っている。本発明を用いることにより、表示部3303やその他集積回路を製造することができる。

【0094】図16 (B) はビデオカメラであり、本体3311、表示部3312、音声入力部3313、操作スイッチ3314、バッテリー3315、受像部3316等を含む。本発明を用いることにより、表示部3312やその他集積回路を製造することができる。

【0095】図16 (C) はヘッドマウントE Lディスプレイの一部(右片側)であり、本体3321、信号ケーブル3322、頭部固定バンド3323、投影部3324、光学系3325、表示部3326等を含む。本発明を用いることにより、表示部3326やその他集積回路を製造することができる。

【0096】図16 (D) は記録媒体を備えた画像再生装置(具体的にはDVD再生装置)であり、本体3331、記録媒体(DVD等)3332、操作スイッチ3333、表示部(a)3334、表示部(b)3335などから成っている。表示部(a)3334は主として画像情報を表示し、表示部(b)3335は主として文字情報を表示するが、本発明を用いることにより、表示部(a)3334、表示部(b)3335やその他集積回路を製造することができる。なお、記録媒体を備えた画像再生装置には家庭用ゲーム機器なども含まれる。

【0097】図16 (E) はゴーグル型表示装置(ヘッドマウントディスプレイ)であり、本体3341、表示部3342、アーム部3343を含む。本発明を用いることにより、表示部3342やその他集積回路を製造することができる。

【0098】図16 (F) はノート型パーソナルコンピュータであり、本体3351、筐体3352、表示部3353、キーボード3354等を含む。本発明を用いることにより、表示部3353やその他集積回路を製造することができる。

【0099】図17 (A) は携帯電話であり、本体3401、音声出力部3402、音声入力部3403、表示部3404、操作スイッチ3405、アンテナ3406を含む。本発明を用いることにより、表示部3404やその他集積回路を製造することができる。

【0100】図17 (B) は音響再生装置、具体的にはカーオーディオであり、本体3411、表示部3412、操作スイッチ3413、3414を含む。本発明の発光装置は表示部3412にて用いることが出来る。また、本実施例では車載用オーディオを示すが、携帯型や家庭用の音響再生装置に用いても良い。

【0101】図17 (C) はデジタルカメラであり、本体3501、表示部(A)3502、接眼部3503、操作スイッチ3504、表示部(B)3505、バッテリー3506を含む。本発明を用いることにより、表示部(A)3502表示部(B)3505やその他集積回路を製造することができる。

【0102】以上の様に、本発明の適用範囲は極めて広く、様々な電子装置に適用することが可能である。ま

た、本実施例の電子装置は実施例1~6のどのような組み合わせからなる構成を用いても実現することができる。

【0103】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の熱処理装置により、従来より低温、かつ、短時間で非晶質半導体膜の結晶化や、半導体膜に添加した不純物元素の活性化などを目的とした熱処理をすることができる。

【0104】また、熱処理時間を短くすることで、耐熱性の低いガラス基板を用いても熱処理効果を高め、半導体基板に形成された耐熱性の低い層のダメージを防ぐことができる。

【0105】また、上記熱処理を高圧下で行うことにより、被処理体および気体の融点が下がり、大気圧下での処理よりも低温で行うことができる。そのため、熱処理に適した温度までの昇温時間を短縮できる。さらに、導入する気体が媒体となって熱を伝えるため、反応管内の雰囲気および被処理体において均熱性の向上が可能となる。また、反応管内を排気した後、高圧状態にすれば、大気中やCR内に存在する不純物元素が前記反応管内において著しく低減されるため、熱処理を好適に行うことができる。特に、前記反応管内の酸素濃度が低減され、半導体膜の表面の酸化が抑制されて不純物の活性化を促進し、再現性の高い熱処理を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の熱処理装置の構成を説明する図。

【図2】 本発明の熱処理装置の構成を説明する図。

【図3】 本発明の熱処理装置の構成を説明する図。

【図4】 本発明の熱処理装置の構成を説明する図。

【図5】 加熱手段及び冷却手段の一例を説明する図。

【図6】 ハロゲンランプなどを光源とし、該光源をパルス状に点滅させるのに適した制御回路の一例を示す図。

【図7】 本発明の熱処理装置による半導体膜の熱処理方法を説明する図。

【図8】 半導体装置の作製工程を説明する図。

【図9】 本発明の熱処理装置による半導体膜の熱処理方法を説明する図。

【図10】 半導体装置の作製工程を説明する図。

【図11】 駆動回路、画素部を同一基板上に形成した基板の構成を説明する図。

【図12】 画素部の構成を説明する図。

【図13】 表示装置の素子基板の外観を説明する図。

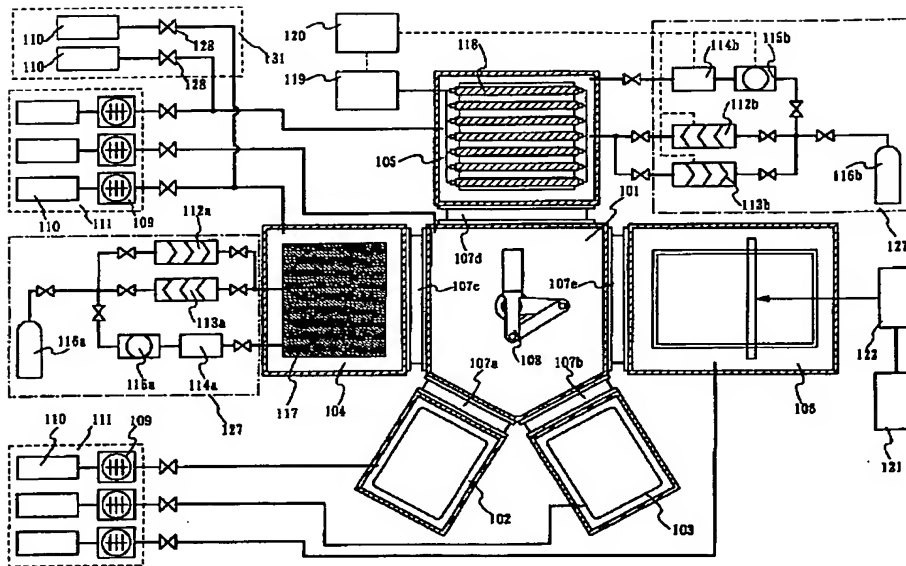
【図14】 本発明の結晶質半導体膜の作製方法を説明する図。

【図15】 本発明の結晶質半導体膜の作製方法を説明する図。

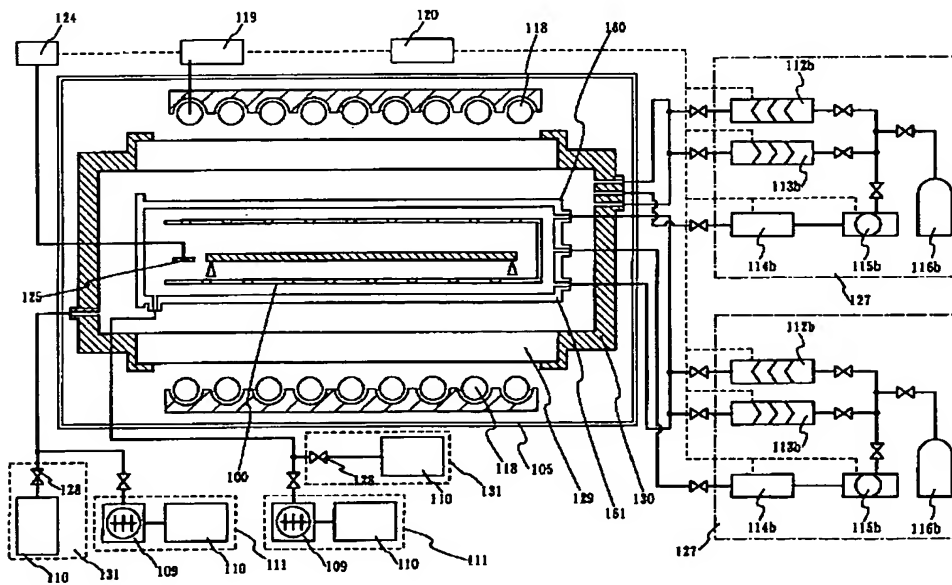
【図16】 半導体装置の一例を示す図。

【図17】 半導体装置の一例を示す図。

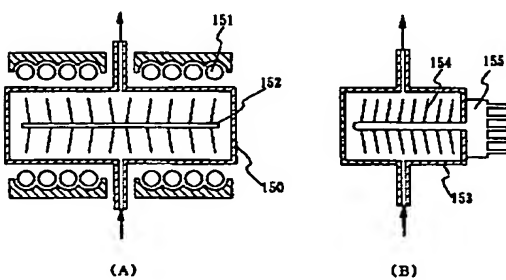
【図 1】



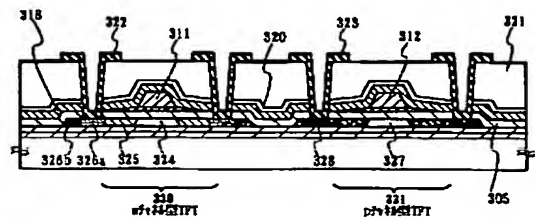
【図 2】



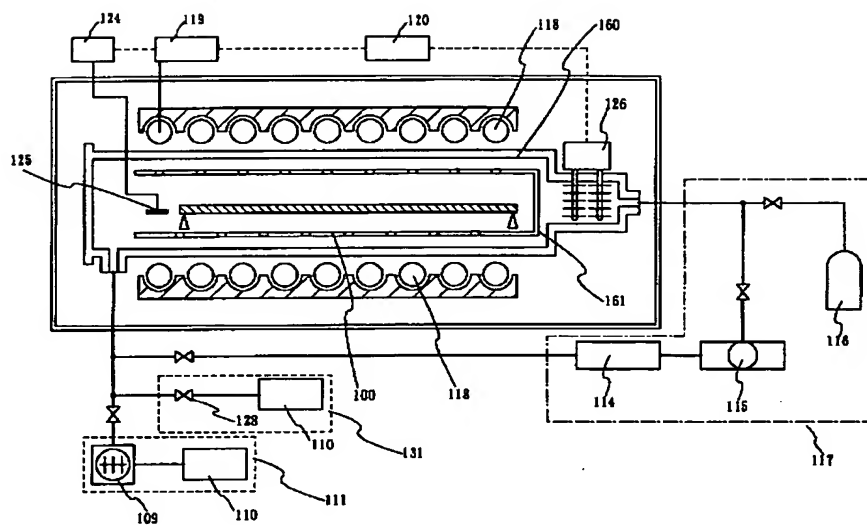
【図 5】



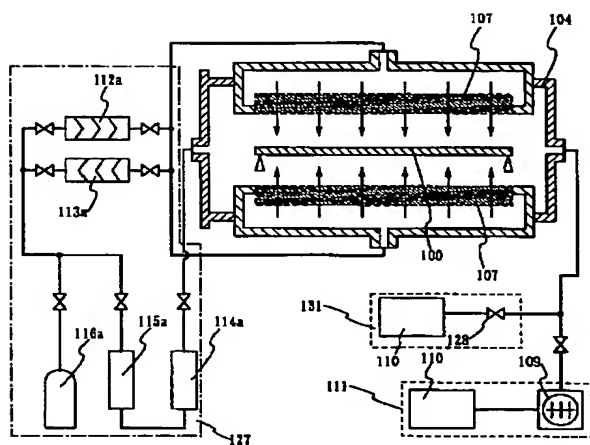
【図 10】



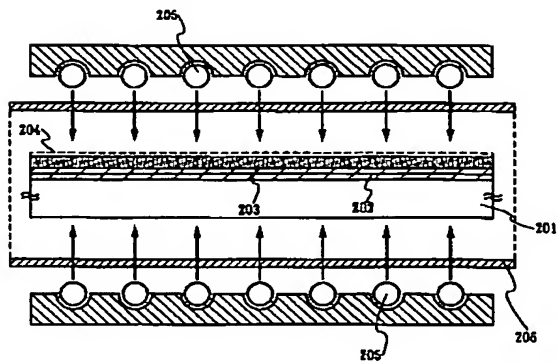
【図3】



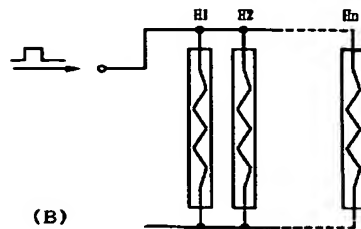
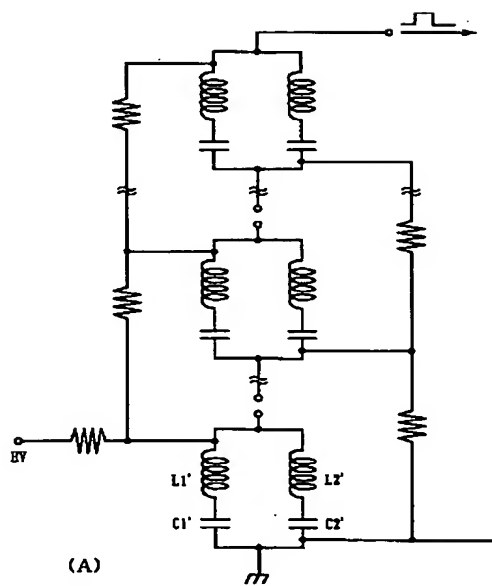
【図4】



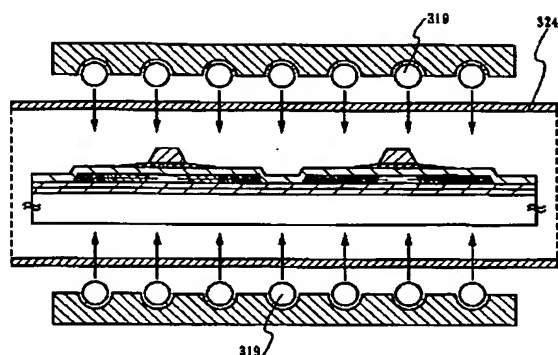
【図7】



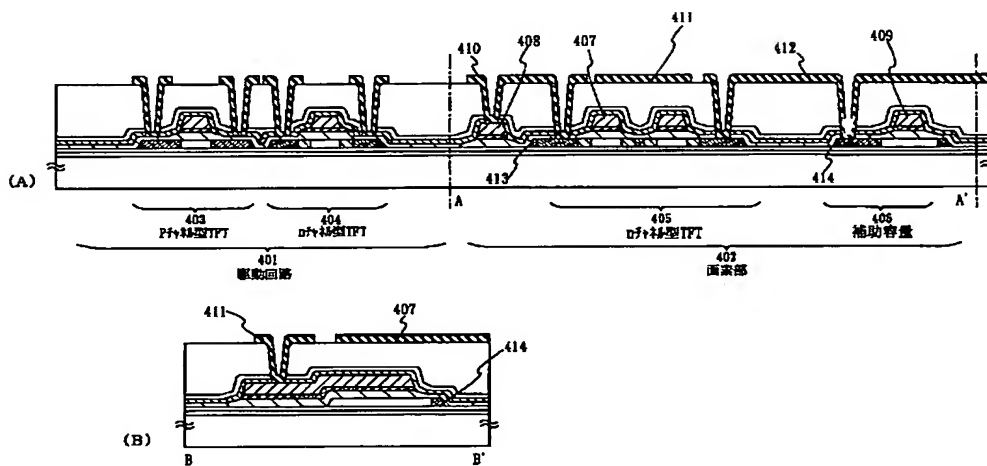
【図6】



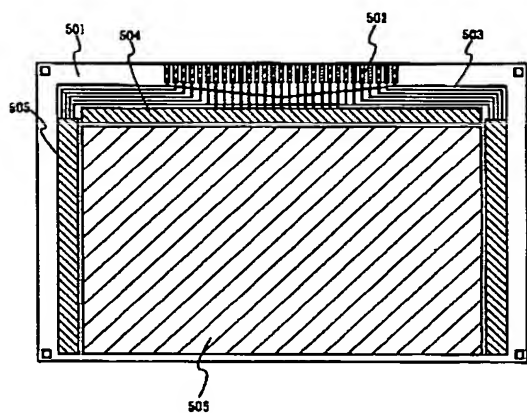
【図9】



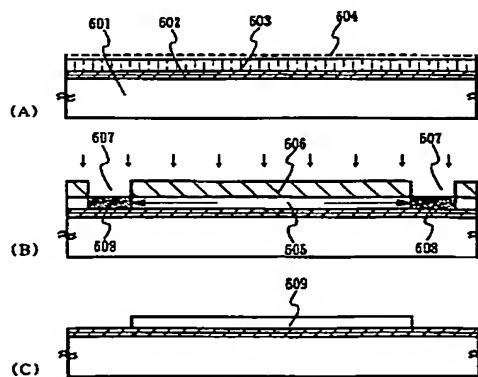
【図 1 1】



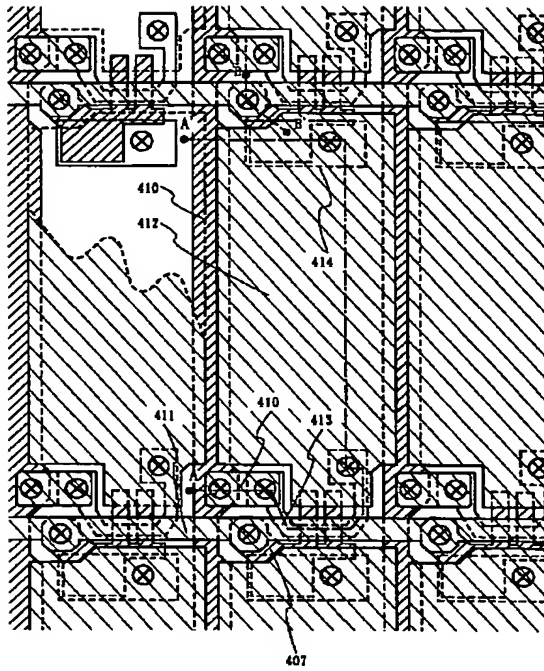
【図 13】



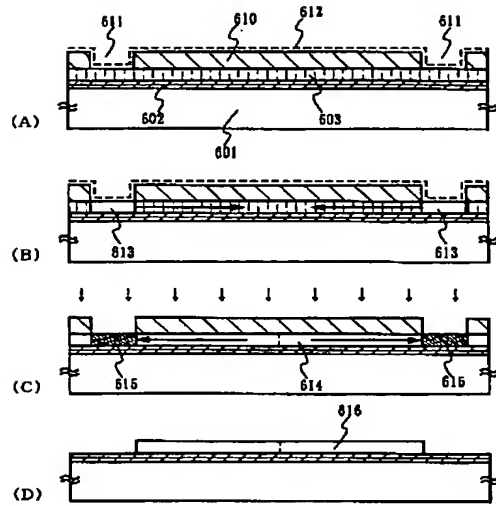
【図 14】



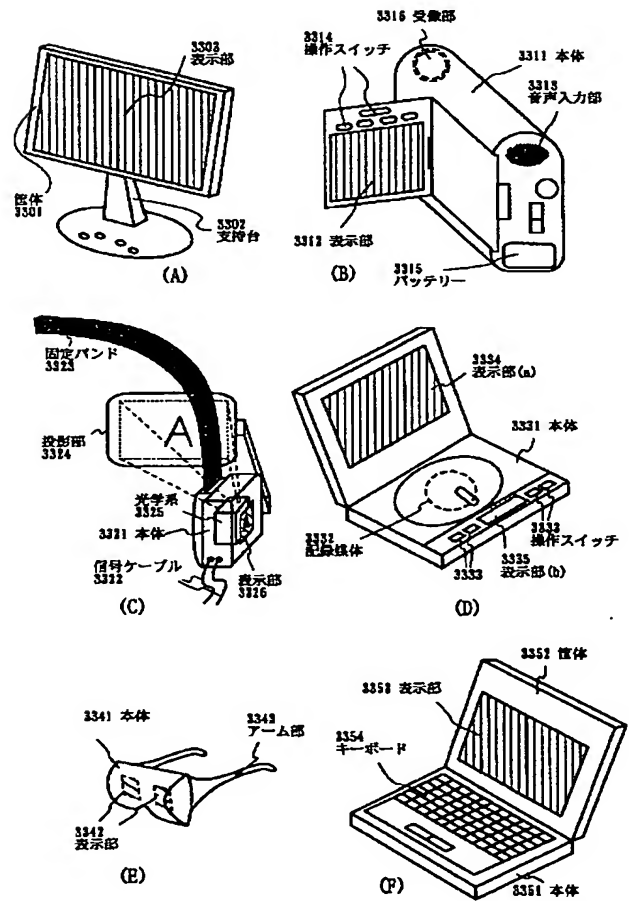
【図12】



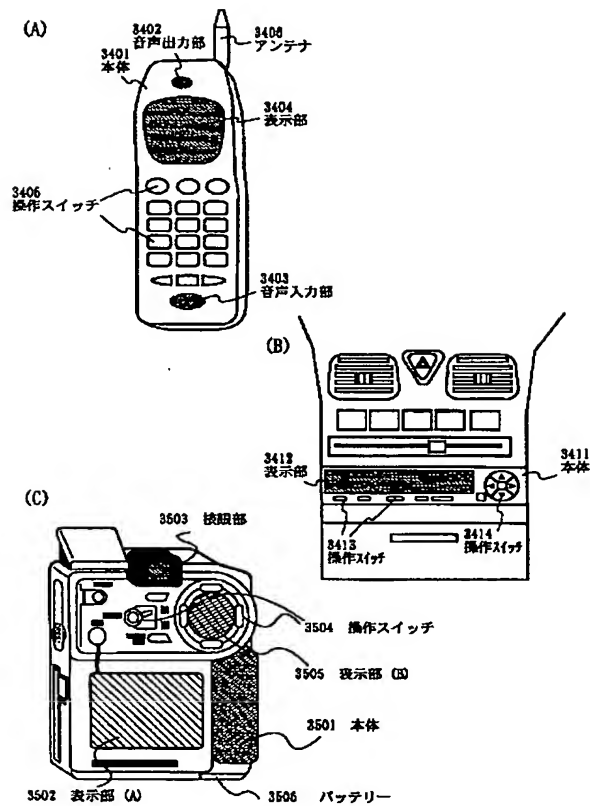
【図15】



【図16】



【図 17】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁷

H 0 1 L 21/322
29/786
21/336

識別記号

F I

H 0 1 L 21/26

29/78

ターマコード' (参考)

G

F

6 2 7 G

6 2 7 F

F ターム(参考) 2H092 KA04 KA05 KA10 KB24 KB25
MA08 MA18 MA22 MA27 MA29
MA30 NA27 NA29
4M104 AA09 BB02 BB14 BB17 BB32
CC05 DD65 DD66 DD91 EE03
EE14 FF03 FF13 GG09 GG20
5F052 AA02 AA24 BA02 BB03 BB07
CA09 DA02 DB02 DB03 DB07
EA16 FA06 FA19 JA01
5F110 AA17 BB02 BB04 CC02 DD02
DD03 DD13 DD14 DD15 DD17
EE01 EE04 EE14 EE23 FF01
FF02 FF04 FF09 FF28 FF30
GG02 GG13 GG25 GG43 GG45
GG47 HJ01 HJ04 HJ12 HJ13
HJ23 HL03 HL04 HM15 NN03
NN22 NN23 NN24 NN27 NN35
PP02 PP03 PP10 PP13 PP29
PP34 QQ23 QQ28